BESTIMMUNG DER LEISTUNGSFÄHIGKEIT UND DER UNTERSCHENKELDURCHBLUTUNG BEI PATIENTEN MIT PERIPHERER ARTERIELLER VERSCHLUSSKRANKHEIT IM VERLAUFE EINES KURAUFENTHALTES

Ingeborg Kappel

1981

Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41546820_0071

Aus dem Institut für Medizinische Balneologie
und Klimatologie der Universität München
Vorstand: Prof. Dr. H. Drexel

BESTIMMUNG DER LEISTUNGSFÄHIGKEIT UND DER UNTERSCHENKELDURCHBLUTUNG BEI PATIENTEN MIT PERIPHERER ARTERIELLER VERSCHLUSSKRANKHEIT IM VERLAUFE EINES KURAUFENTHALTES

Inaugural Dissertation
zur Erlangung der Doktorwürde in der gesamten Medizin
an der Ludwig-Maximilians-Universität zu München

vorgelegt von

Ingeborg Kappel
München
1981

Mit Genehmigung der Medizinischen Fakultät
der Universität München

Berichterstatter:	Prof. Dr. W. Schnizer
Mitberichterstatter:	Prof. Dr. H. Drexel
Dekan:	Prof. Dr. W. Spann
Tag der mündlichen Prüfung:	8.1o.1981

UNIV.
LEIDEN
BIBL.

DISSERTATIONS - UND FOTODRUCK FRANK GmbH
8000 München 2,. Gabelsbergerstraße 15, Tel. 2809090

INHALTSVERZEICHNIS SEITE

I. Einführung und Problemstellung
A. Ziel und Zweck der Arbeit 1
B. Definition der peripheren arteriellen Verschlußkrankheit (PAVK) 1
1. Arterielle Insuffizienz 1
2. Klinische Symptomatologie 1
3. Stadieneinteilung 1
4. Ätiologie und Risikofaktoren 2
C. Pathophysiologie 2
1. Hämodynamik 2
2. Metabolische Faktoren 2
D. Diagnostik 2
1. Klinische Diagnostik 2
2. Venenverschlußplethysmographie 3
E. Physikalische Therapie 4
1. Einfluß des Trainings auf Körperfunktionen 4
2. Voraussetzungen für eine günstige Wirkung bei Training 4
3. Trainingsarten in Abhängigkeit vom Verschlußtyp 4
4. Zusätzliche Maßnahmen bei Training 4
5. Trainingseffekte 5
6. Notwendiger Zeitaufwand 5
7. Trainingsform 5
8. Ursachen für Trainingserfolge 6
II. Methodik
A. Patientenauswahl 7
B. Meßmethode und Meßreihen 7
C. Kurort 7
D. Therapiemöglichkeiten in Bad Tölz 7
1. Jodquellen-Trink- und Badekuren 7
2. Klimatherapie 8
3. Moortherapie 8
E. Beschreibung der Kurkliniken 8
F. Therapeutische Maßnahmen in den Kurkliniken 9
G. Beschreibung der einzelnen Patientenkollektive 9
1. Normalkollektiv (NK) 9
2. Arteriell-Verschluß-Kranke (AVK) 9
3. Kontrollgruppe (KG) 1o
H. Spezielle therapeutische Maßnahmen innerhalb der AVK-Gruppe 1o
I. Beschreibung des Meßgerätes 1o
J. Beschreibung der Ergometerbelastung 11
K. Zusätzliche Versuchsbedingungen 11
L. Beschreibung der einzelnen Messungen 12
1. Ruhedurchblutung (RD) 12
2. Reaktive Hyperämie (RH) 13
3. Definierte Arbeit 13
4. Maximale Arbeit 13
M. Beschreibung der Auswertung der Meßkurven 14
N. Beschreibung der mathematischen Auswertung bei reaktiver Hyperämie, definierter Arbeit und maximaler Arbeit 15

SEITE

III. Ergebnisse
A. Ruhedurchblutung 17
B. Reaktive Hyperämie 17
C. Definierte Arbeit 17
D. Maximale Arbeit 17
E. Vergleich der Gruppen AVK/KG und AVK/NK 17
F. Arbeitszeiten 18
IV. Diskussion
A. Meßmethoden 19
1. Xenon-Clearance 19
2. Ultraschall-Doppler-Verfahren 19
3. Rheografie 2o
4. Arteriographie 2o
5. Oscillographie 2o
6. Gehprobe 2o
7. Stoffwechselparameter 21
B. Vergleich VVP - Xenon-Clearance 21
C. Therapieformen 22
1. Physikalische Therapie 22
2. Medikamentöse Therapie 23
3. Chirurgische Therapie 24
D. Meßergebnisse 25
1. Ruhedurchblutung 25
2. Reaktive Hyperämie 26
3. Definierte Arbeit 26
4. Maximale Arbeit 26
5. Arbeitszeiten nach maximaler Arbeit 26
V. Zusammenfassung 28
VI. Literaturverzeichnis 3o
VII. Tabellarische und graphische Darstellungen 34
VIII. Danksagung 78
IX. Lebenslauf 79

ABKÜRZUNGEN

PAVK	Periphere arterielle Verschluß-krankheit
VVP	Venenverschlußplethysmographie
RD	Ruhedurchblutung
RH	Reaktive Hyperämie
AVK	Arteriell-Verschluß-Kranke
NK	Normalkollektiv
KG	Kontrollgruppe

I. EINFÜHRUNG UND PROBLEMSTELLUNG

A. Ziel und Zweck der Arbeit

Im Rahmen eines Kuraufenthaltes sollte der Einfluß der physikalischen Therapie, speziell der Bewegungstherapie, bei Patienten mit peripheren arteriellen Verschlüssen an den Beinen auf die Durchblutungsverhältnisse und die Ausdauerleistungsfähigkeit der Muskulatur an den Unterschenkeln beobachtet und anhand von Messungen mit der Venenverschlußplethysmographie mit und ohne Fußergometerbelastung objektiviert werden. Ferner sollte die Messmethodik (Venenverschlußplethysmographie) hinsichtlich ihrer Eignung für dieses Untersuchungsverfahren getestet werden.

B. Definition der peripheren arteriellen Verschlußkrankheit (PAVK)

1. Arterielle Insuffizienz oder Ischämie bedeutet die ungenügende Blutversorgung eines Gewebeabschnittes. Am häufigsten führen arterielle Verschlüsse oder Stenosen in der Peripherie zu einem verminderten Blutangebot, das den Erfordernissen des Stoffwechsels unter Belastung oder sogar in der Ruhe nicht mehr genügt (6).

2. Die klinische Symptomatologie besteht in Schmerzen in den Waden und Oberschenkeln bei längerem Sitzen, Ermüdung der Beine, Kribbeln, Schweregefühl im Analbereich. Schmerzen im Vorfuß erregen in der klinischen Praxis mit Recht den Verdacht auf eine arterielle Durchblutungsstörung. Die Claudicatio intermittens (Stadium II nach Fontaine) tritt erst bei Verschluß größerer Gefäße auf (9).

3. Die Einteilung des Schweregrades einer arteriellen Durchblutungsinsuffizienz/-Stenose distal eines arteriellen Verschlusses erfolgt nach Fontaine nach klinischen Gesichtspunkten (6):

Stadium I: Durch objektive Meßmethoden verifizierte eingeschränkte Durchblutung, aber von Seiten des Patienten keine subjektiven Beschwerden.

Stadium II: Nur unter Belastung sind subjektive Beschwerden von Seiten des Patienten in Form einer Claudicatio intermittens (typisch beim Gehen auftretende Schmerzen, die beim Stehenbleiben innerhalb weniger Minuten wieder abklingen) vorhanden.

Stadium III: Ruheschmerzen

Stadium IV: Nekrosen

4. Nach Schulte (3o) ist die häufigste Ursache für das Entstehen einer peripheren arteriellen Verschlußkrankheit die Arteriosklerose, die durch folgende Risikofaktoren begünstigt wird:
a) Hyperlipoproteinämien, Hypercholesterinämien
b) Hochdruck
c) Diabetes mellitus
d) Rauchen
e) Übergewicht
Arteriosklerotische Gefäßveränderungen nehmen mit steigendem Lebensalter kontinuierlich zu; Männer sind häufiger als Frauen betroffen.

C. Pathophysiologie

1. Pathophysiologische Vorgänge beruhen auf einer Drucksenkung des distal des Verschlusses gelegenen Gefäßabschnittes, die mit einer Widerstandssenkung einhergeht; das erhöhte Druckgefälle führt zu einer beschleunigten Blutströmung in den präformierten kapillären Anastomosen zwischen den Gefäßgebieten proximal und distal des Verschlusses. Dieser hämodynamischer Vorgang wird auch als Grund für die Ausbildung von Kollateralkreisläufen angesehen (16).

2. Nach Hild, Brecht und Zolg (17) sind auf metabolischer Ebene folgende Teilmechanismen für Durchblutungsmangelzustände verantwortlich: Es besteht ein organisches Strömungshindernis (Gefäßstenose bzw. Obliteration), dadurch kommt es zu einer Durchblutungsabnahme. Die Folge ist eine Stofftransportstörung, die sich in einem Sauerstoffmangel, was wiederum eine Einschränkung der Zellatmung bewirkt, und in einem Substratmangel äußert. Daraus resultiert eine Steigerung der Glykolyse mit vermehrtem Anfall von Lactat und Pyruvat. Damit wird eine lokale Acidose ausgelöst. Dauert diese Funktionsstörung länger an, erhöht sich der Schweregrad der Durchblutungsstörung und somit die Gefahr einer Nekrose (2o).
Derselben Meinung ist auch Mörl (24). Er stellt fest, daß sowohl die femoral-venöse Sauerstoffsättigung als auch der Pyruvat-Lactat-Anteil mit zunehmendem Schweregrad erhöht sind. Dies bedeutet, daß wenn die Mikrozirkulation erst einmal blockiert ist, weder mit einer regelrechten Sauerstoffutilisation noch mit einer Verwertung zugeführter energiereicher Substrate oder mit dem Ausspülen sauerer Metabolite gerechnet werden kann.

D. Diagnostik und Meßmethodik bei PAVK

1. Die klinische Diagnostik besteht u.a. (31) in

a) Pulspalpation
b) Ermittlung der Dystasiestrecke: Gehprobe und vor allem Gehtempo (1 Schritt pro Sekunde). Beim Gesunden ist eine 5oo-Meter Strecke in 8 - 1o Minuten als Normalleistung anzusehen; es ist wesentlich, die Distanz zwischen ersten subjektiven Beschwerden einer erkrankten Extremität und dem imparativen Zwang zum Stehenbleiben festzustellen. Je kürzer die Distanz, um so schwerer ist die Erkrankung (9).
c) Verhalten bei Zehenstandsübungen: Der Patient soll in einer bequemen Stellung 1o Mal pro Minute die Fersen so weit wie möglich vom Boden abheben, um ohne längere Pausen im Zehenstand den Fuß wieder auf den Boden zu setzen; wichtig für die Beurteilung ist der Beginn der muskulären Beschwerden und Abbruch der Belastung nach einer gewissen Anzahl von Erhebungen des Fußes (9).
d) Ratschow'sche Lagerungsprobe: Beim Gesunden werden nach fünf Sekunden nach dem Hochlagern der Beine beide Füße diffus gerötet; nach sieben Sekunden sind die Hautvenen prall gefüllt. Beim Gefäßgestörten tritt eine erhebliche Verzögerung ein (9).
e) Gefäßgeräusche

2. Die Venenverschlußpletnysmographie stellt ein unblutiges, beliebig oft wiederholbares Verfahren dar. In der Routinediagnostik vermitteln peak flow, peak flow time und Abklingzeit nach arterieller Drosselung hinreichend exakte Maßzahlen (31, 6, 5). Sie ist laut Barbey (2) auch besonders gut geeignet, um quantitative Meßwerte der Durchblutung zu erhalten, wenn auf eine Angiographie verzichtet wird, beispielsweise bei Kontrolluntersuchungen zur objektiven Beurteilung des Krankheitsbildes.

Mit Hilfe der reaktiven Hyperämie (peak flow, peak flow time und Abklingzeit) kann eine Stadienzuordnung getroffen werden. Angiopathien werden eingeteilt nach peak-flow-Werten in:

schwere:	Durchblutung unter 5	ml/1ooml Gewebe x Minute
mittlere:	" 5 - 1o	ml " "
leichtere:	" 1o - 15	ml " "

Überschneidungen zwischen leicht durchblutungsgestörten und gesunden Personen kommen in einem Bereich zwischen 13 - 18 ml/1oo ml Gewebe x Minute vor (5, 6).

E. Physikalische Therapie: Training

1. Nach Larsen (21) bedeutet Muskelarbeit der optimalste Anreiz für eine erhöhte Muskeldurchblutung; er fand bei seinen Untersuchungen nach Training eine Herabsetzung des peripheren Widerstandes.
Durch rhythmische Tätigkeit steigt der Sauerstoffverbrauch und die Durchblutungsgröße in einem weiten Bereich linear mit der Muskelleistung an. Bei einer hohen Leistung erreicht die Durchblutungsgröße allerdings einen Grenzwert; bei einer langfristigen Umstellung ist festzustellen, daß auch während Arbeit bei Trainierten die Durchblutung bis zu 5o % unter der des Untrainierten liegt und der Wirkungsgrad der Durchblutung entsprechend verbessert ist. Zu Beginn der Arbeit findet eine Einschränkung der Hautdurchblutung (Vasokonstriktion) zugunsten der Muskeldurchblutung statt; im weiteren Verlauf muß der Überschuß der Wärmebildung zusätzlich abgegeben werden. Dies geschieht hauptsächlich über Schweißabsonderung und nicht über Vasodilatation. Der Schwerpunkt der Wärmeabgabe wird von den Acren auf den Stamm verbunden mit Schweißsekretion verlagert (13).
Thiele (32) meint, daß Gefäßtraining am effektivsten das Wachstum der Kollateralen anregt und Muskelarbeit den stärksten Vasodilatationsreiz darstellt.

2. Voraussetzungen für eine günstige Wirkung des Trainings sind gegeben bei: kurzer Anamnesedauer (weniger als ein Jahr), Stadium II (wird auch von anderen Autoren (22, 26) bestätigt), isolierten Verschlüssen der Oberschenkelarterien (7).

3. Die Trainingsart ist abhängig von der Verschlußlokalisation; insgesamt wird empfohlen (7, 21, 22, 32):

beim Beckentyp:	tiefe Kniebeugen, Treppensteigen, Radfahren, Gehtraining
beim Oberschenkeltyp:	Zehenstandsübungen, Gehtraining, Rollübungen, Ausfallschritt, Storchengang, Paradeschritt
beim Unterschenkeltyp:	fußgymnastische Übungen, Rollübungen nach Ratschow.

4. Thiele (32) betont, daß der Belastungsgrad nie die Schmerzgrenze erreichen sollte. Das Übungsprogramm sollte drei bis fünf Mal mit den notwendigen Erholungsphasen von zwei bis drei Minuten und zwar früh, mittags und abends durchgeführt werden. Grüntzig (7) empfiehlt zusätzlich Lockerungsübungen, Spiele, Wanderungen (täglich eine Stunde lang Spazierengehen), Atemgymnastik.

Schmidtke (21) hält es für sinnvoll, die Übungen unter Anleitung und Aufsicht einer Krankengymnastin durchführen zu lassen. Auch befürwortet er eine stationäre Behandlung, wobei er in der Einrichtung von Kliniken für Gefäßkranke durch die Rentenversicherungsträger eine Möglichkeit sieht, bei Patienten, die wegen Gehbeschwerden in der Leistungsfähigkeit eingeschränkt sind, im Rahmen eines dortigen Heilverfahrens eine mehrwöchige Übungstherapie durchzuführen. Eine stationäre Therapie ist auch nach Grüntzig (7) vorteilhaft, da die Maßnahmen dann laufend kontrolliert und dosiert werden können.

5. Trainingseffekte, die von verschiedenen Autoren nach mehrwöchigen bis mehrjährigen Studien festgestellt wurden:

a) Insgesamt wird betont, daß Training eine eindrucksvolle subjektive Besserung der Claudicatio-intermittens-Symptomatik bringt (7, 19, 21, 22, 26).
b) Verlängerung der schmerzfreien Gehstrecke bei Buchwalsky (19), wohingegen Röhr (26) nur einen geringen Leistungszuwachs beobachtete. Allgemein (19, 21, 26) wird trotz der Besserung der subjektiven Beschwerden keine Änderung der objektiven Parameter (Zunahme der peripheren Muskel- und Beindurchblutung) festgestellt. Die postischämische Muskeldurchblutung scheint unter Trainingswirkung zuzunehmen, ohne daß andere hämodynamische Veränderungen nachweisbar sind (7). Grüntzig (7) stellte bei seinen Untersuchungen fest, daß nach Training, aber erst nach Wochen, der maximale Wadendurchfluß nach drei Minuten arterieller Sperre zu einer signifikanten Erhöhung der Durchflußwerte führte.
c) Deutliche Steigerung des poststenotischen Druckes (7).
d) Abnahme der ischämischen Zeichen im Achillessehnenreflex (7).
e) Erniedrigung des kollateralen Widerstandes (21).
f) Eine Progredienz einer Gefäßkrankheit läßt sich durch Training nicht aufhalten (7, 26).

6. Ein Zeitraum von drei bis sechs Wochen gewährleistet bei stationärer Therapie eine hohe Behandlungsintensität; außerdem stellt sich der Erfolg innerhalb der ersten vier Wochen ein und kann später nur noch ausgebaut werden.

7. Wie aus Untersuchungen hervorgeht bedarf es keiner speziellen Trainingsform, da gezielte Muskelübungen auf lange Sicht keinen günstigeren Effekt haben als allgemeine gymnastische Übungen (7, 19, 26).

8. Ursachen der Trainingserfolge:

a) Verbesserte Gehtechnik durch eine verbesserte Koordination von synergistischen und antagonistischen Muskelgruppen, was wiederum zu einer Reduzierung des Sauerstoffbedarfes für eine gegebene Leistung führt. Der Effekt einer Verbesserung der Symptomatik dürfte hauptsächlich in den ersten Wochen eine Rolle spielen und ist am besten mit Gehtraining zu erreichen (19, 21).
b) Eine Zunahme der ATP-Resynthese durch Vermehrung (Größe und Anzahl) von Zellmitochondrien und damit einer Aktivitätssteigerung der aeroben Enzymkette. Dies würde zu einer verbesserten Sauerstoffausnutzung im ischämischen Muskel führen. Ferner eine Zunahme des Myoglobins und Glykogens (19, 21).
Keppler (21) führte eine Untersuchung an Patienten im Stadium II nach Fontaine aus und stellte nach Training fest, daß es zu einer statistisch signifikanten Senkung des im femoral-venösen Blut gemessenen Lactat-Pyruvat-Spiegels kam, Ausdruck einer durch Training günstigen Beeinflussung des Stoffwechsels.
c) Hämodynamischer Effekt; er besteht offenbar in einer ökonomischeren intramuskulären Blutumverteilung und einer verbesserten Vaskularisierung d.h. einer Erweiterung der Arteriolen, einem erhöhten Venentonus, verbesserten Kapillarisierung d.h. zusätzlicher Erschließung vorhandener Ruhekapillaren, Verlängerung und Erweiterung vorhandener sowie Neubildung.
d) Kollateralneubildung, -wachstum: Die Ausbildung von Kollateralen scheint durch Training nicht wesentlich beeinflußt zu werden; wenn, dann dürfte dies nur in der ersten Zeit von einem Trainingserfolg gültig sein. Bei chronischen Verschlüssen reicht diese Erklärung nicht aus. Außerdem läßt im Alter das Kollateralwachstum nach; trotzdem wurden bei älteren Patienten Trainingserfolge im gleichen Maße nachgewiesen wie bei jüngeren (7, 21).
e) Psychisch-vegetative Faktoren; Psychische Faktoren spielen eine bedeutsame Rolle und werden vor allem aus dem gleich guten Abschneiden intensiv und unterschwellig trainierender Patienten abgeleitet. Es ist zu vermuten, daß sie eine grosse Bedeutung auf die Beeinflußung der Schmerzempfindung haben (7, 19, 26).

II. METHODIK

A. Patientenauswahl

Für unsere Untersuchungen wählten wir Patienten aus, die an peripheren arteriellen Verschlüssen der unteren Extremitäten litten. Entscheidend für die Gruppenzuordnung der erkrankten Patienten (AVK-Gruppe) war die Anamnese, die klinische Diagnostik und Symptomatologie.

B. Meßmethode und Meßreihen

Wir führten quantitative Durchblutungsmessungen mit der Venenverschlußplethysmographie durch, da diese Methode von verschiedenen Autoren (2, 5, 6, 12, 23, 31) als objektive Meßmethode mit guter Aussagekraft bekannt ist. Gemessen wurde die Ruhedurchblutung, die Durchblutung nach reaktiver Hyperämie, nach einer submaximalen Belastung (= definierte Arbeit) und nach maximaler Belastung (= maximale Arbeit).

C. Kurort

Bad Tölz wurde als Kurort ausgewählt und sei im folgenden kurz beschrieben: Es liegt 67o Meter über dem Meeresspiegel und circa 5o Bahn- oder Straßenkilometer südlich von München an der Isar in unmittelbarer Nähe der Berge, sozusagen im Herzen des bayerischen Oberlandes.

D. Therapiemöglichkeiten in Bad Tölz

1. Jodquellen-Trink- und -Badekuren. Die Wirkung der Jodide beruht auf Kreislaufaktivierung, Erhöhung der peripheren Gefäßdurchblutung, Elastitätsverbesserung und Herzleistungssteigerung. Vegetative hormonelle Umstellungen steigern das Wohlbefinden und das Erholungsgefühl. Erfolgversprechend sind die kreislaufwirksamen Effekte der Jodquellenkuren bei der Behandlung aller arteriosklerotischen Gefäßveränderungen besonders bei Altersleiden, Bluthochdruck und Spätkomplikationen von Diabetes mellitus. Die Wirkung kommt sowohl indirekt über die Schilddrüse und das endokrine System als auch durch die unmittelbare Einwirkung des Jods auf die Gefäßwände zustande. Die schleimlösende, sekretionsanregende Jodwirkung bewährt sich bei Erkrankungen der Luftwege, wie Bronchitis, Emphysem, Asthma. Durch Jod-Iontophorese werden degenerative Augenleiden (z.B. Netzhautgefäßsklerosen gebessert (35).

2. Klimatherapie. In Bad Tölz herrscht voralpines Reizklima, u.a. auch als "Champagner-Klima" beschrieben. Günstige Kurerfolge zeigen sich bei Herz- und Gefäßkrankheiten - vor allem bei peripheren arteriellen Durchblutungsstörungen - bei Bluthochdruck, Arteriosklerose, ferner bei Erkrankungen der Atemwege, insbesondere Bronchitis, und bei nervösen oder physischen Erschöpfungszuständen. Liegekuren mit Sonnenbädern sind gut in Kombination mit einer Bewegungstherapie in Form von dosiertem Training und zunehmender Belastung. Die Terrainkur in Bad Tölz bringt ideale Voraussetzungen für eine systematische Bewegungstherapie. Dort kann man ein bestimmtes Wegpensum bekannter Belastungsgröße auf einer speziellen Terrainkurstrecke im ansteigenden Gelände täglich einmal oder mehrmals innerhalb vorgegebener Zeiten nach ärztlicher Verordnung absolvieren (36).

3. Moortherapie; mit "orginal Tölzer Moor", in deren Vordergrund die Behandlung von Wirbelsäulenleiden (Bandscheibenschäden), Gelenkrheumatismus und diversen Unfallfolgen stehen. Ferner ist das Indikationsgebiet der Moortherapie: Erkrankungen im Bereich des weiblichen Genitale und die sogenannten Kollagen-Krankheiten (37).

Wie man aus obiger Beschreibung ersieht, war Bad Tölz geradezu ideal für unser Vorhaben hinsichtlich der zu erwartenden Kurpatienten.

E. Beschreibung der Kurkliniken

Ausgeführt haben wir die Messungen im Alpensanatorium Buchbergklinik, wobei wir das Patientengut des Alpensanatoriums mit Kurklinik Kaiserhof und Oberlandklinik miteinbeziehen konnten. Insgesamt verfügen die Häuser über 545 Betten, die während des ganzen Jahres belegt sind; wir hatten somit keine Schwierigkeiten für unsere Untersuchungen die entsprechende Anzahl von Patienten zu finden.

Die Buchbergklinik ist mit einem Bewegungsbad, einer Gymnastikhalle, einem Hallenbad und einem Solarium ausgestattet. Die Oberlandklinik ist die Privatstation des Chefarztes, und in der Kurklinik Kaiserhof ist als Besonderheit eine Pflegestation für Schlaganfallnachbehandlung eingerichtet.

Geeignet sind die Kliniken für die Behandlung von Herz- und Hochdruckerkrankungen, Gefäßleiden, Folgezuständen nach Herzinfarkt und Schlaganfall, Arteriosklerose, Bronchitis und Asthma, degenerative Wirbelsäulen- und Bandscheibenschäden, Stoffwechselerkrankungen, Gicht, Fettsucht und Diabetes mellitus.

F. Therapeutische Maßnahmen in den Kurkliniken

An Therapie werden u.a. angeboten: Jod-, Kohlensäure- und alle Extraktbäder, Einzel- und Gruppengymnastik, Bewegungsbad, Hallenbad, Liegekuren, Diätverpflegung, Gesundheitsseminare, Diabeteseinstellung, Fastenkuren, Rehabilitation nach schweren Krankheiten, auch nach Operationen. Insgesamt kann man sagen, daß für eine umfassende klinische Diagnostik und physikalische Therapie, eine konsequente klinische Rehabilitation inklusive psychisch-soziale Betreuung (Gruppendynamik, intensive Übungs- und Beschäftigungstherapie, autogenes Training und Psychotherapie) gesorgt wird und die Kurpatienten optimal betreut werden. Insofern waren die Buchbergklinik, der Kaiserhof und die Oberlandklinik bestens geeignet, um im Rahmen eines Kuraufenthaltes Verlaufsbeobachtungen an Patienten festzustellen.

G. Beschreibung der einzelnen Patientenkollektive

Wir entschlossen uns, drei Gruppen zu bilden und zwar

1. eine Gruppe, die aus Kurpatienten bestand, die nicht in irgendeiner Weise an einer peripheren arteriellen Insuffizienz litten. Wir wählten dafür Patienten aus, die vornehmlich wegen eines allgemeinen Erschöpfungszustandes, vegetativ-nervösen Herz- und Kreislaufbeschwerden infolge Stress, Überarbeitung in die Klinik eingewiesen worden waren. Im folgenden wird diese Gruppe als Normalkollektiv (NK) = Gesunde im Sinne einer peripheren arteriellen Verschlußkrankheit bezeichnet. Sie dient als Vergleichsgruppe, um zu zeigen, ob die Kuranwendungen Veränderungen an Durchblutungsgrößen oder Leistungszuwachs bringen.

2. Die zweite Gruppe bestand aus Patienten, bei denen ein peripherer arterieller Verschluß an den Beinen aufgrund der Anamnese (Claudicatio intermittens), Inspektion, Hauttemperaturunterschiede, nicht zu palpierende Arterienpulse der A. dorsalis pedis bzw. A. poplitea, Stenosegeräusche in der Auskultation, verminderte Durchblutung nach der Ratschow'schen Lagerungsprobe (25), pathologische Oszillogramme oder eine klinische Symptomatologie - wie von Broghammer (9) s.o. beschrieben - diagnostiziert wurde. Grunderkrankungen dieser Patienten waren u.a. Diabetes mellitus, Hochdruck, allgemeine Gefäßsklerose, Nikotinabusus, Adipositas, erhöhte Blutfettwerte. Wir bezeichneten sie als Arteriell-Verschluß-Kranke (AVK).

3. Die dritte Gruppe stellten wir aus dem Personal der Kurkliniken zusammen; sie sollte darüber Aufschluß geben, ob nicht kurgebundene Maßnahmen und Einflüsse sich auf die Meßergebnisse auswirken. Im folgenden wird diese Gruppe Kontrollgruppe (KG) genannt.

Nachfolgende tabellarische Aufzeichnung gibt Aufschluß über Anzahl, Alter und Geschlecht der Gruppen.

Gruppe	Anzahl weiblich	Anzahl männlich	Durchschnittsalter weiblich	Durchschnittsalter männlich	Gesamtanzahl
NK	7	7	58.14	56.28	14
AVK	3	9	56.oo	59.11	12
KG	5	2	28.oo	31.oo	7

Zu bemerken ist, daß bei unserem Krankengut die Anzahl der Männer in der AVK-Gruppe deutlich höher lag als die der Frauen, wie auch Schulte (31) berichtet.

H. Spezielle therapeutische Maßnahmen innerhalb der AVK-Gruppe

Den Patienten der AVK-Gruppe wurden zusätzlich zu den von ihrem Arzt angeordneten Kuranwendungen (Schwimmen, Bewegungsbäder, Gymnastik, Extraktbäder, Massagen, Moorpackungen) noch folgende spezielle Bewegungstherapie verordnet: Gemeinsam in der Gruppe wurden morgens am Anschluß an die allgemeine Gymnastik Zehenstandsübungen angeschlossen. Jeder übte drei bis fünf Mal bis an seine Belastungsgrenze mit den notwendigen Erholungspausen. Die Zehenstandsübungen wurden mittags und abends in gleicher Weise von den Patienten ausgeführt. Ferner wurden Rollübungen nach Ratschow drei Mal täglich empfohlen. Auf der Terrainkurstrecke wurde für jeden Patienten die ihm entsprechende Gehstrecke (1 Schritt pro Sekunde bis zur Schmerzgrenze) ermittelt, die er dann selbst ein- bis mehrmals täglich üben durfte.

I. Beschreibung des Meßgerätes

Für die Durchblutungsmessungen benutzten wir den Venenverschlußplethysmographen der Firma Gutmann; ein 2-Kanal-Gerät, mit dem synchron Messungen an zwei verschiedenen Abnahmestellen gemacht werden können.
Das Prinzip der Venenverschlußplethysmographie besteht darin, daß der venöse Abfluß aus dem zu untersuchenden Extremitätenabschnitt kurzzeitig mit Hilfe einer Staumanschette unterbunden und die distale Volumenzunahme gemessen wird. Dies geschieht dadurch,

daß man den Umfang der Extremität mißt. Der Umfang wächst, wie man mathematisch beweisen kann, proportional mit dem Volumen, sofern die Form des Extremitätenquerschnittes erhalten bleibt, was bei den kleinen auftretenden Änderungen vorausgesetzt werden kann. Für die Messung von Umfangsänderungen wurde erstmals von Glaser 1939 und später von Whitney 1953 ein mit Quecksilber gefüllter Gummischlauch (mercury-in rubber-strain gauge) benützt. Die im Schlauch befindliche Quecksilbersäule ändert ihren elektrischen Widerstand mit der Länge und kann so als Meßglied für eine elektrische Messung der Volumenzunahme verwendet werden. Auf diesem Verfahren baut die Venenverschlußplethysmographie mit Dehnungsmeßstreifen-Meßfühlern nach Gutmann auf.

Die Durchblutung wir international in ml/1oo ml Gewebe x Minute angegeben.

Grundeinheiten des Gerätes sind (27):

1. Pneumatik, zur Erzeugung der venösen bzw. arteriellen Sperre.

2. Meßbrücke, die zur eigentlichen Meßwerterfassung dient und die Aufgabe hat, den Meßfühlerwiderstand und die durch die Volumenänderung bedingte Widerstandsänderung zu messen.

3. Die Kompensationsschreiber zur Aufzeichnung der Plethysmogramme.

4. Meßfühler mit Plastikgleitern.

J. Beschreibung der Ergometerbelastung

Die Ergometerbelastung wurde mit einem Eigenbau-Fußergometer durchgeführt, der so konstruiert war, daß speziell die Unterschenkelmuskulatur (hauptsächlich die Flexoren) belastet wurde; die unterschiedliche Belastung konnte durch Anhängen verschiedener Gewichte eingestellt werden.

K. Zusätzliche Versuchsbedingungen

Zu beachten waren bei den Messungen folgende zusätzliche Versuchsbedingungen (6, 27):

1. Konstante Raumtemperatur; sie lag bei uns bei 22 Grad Celsius.

2. Lagerung des Patienten: bequeme Rückenlagerung, freie Kniekehlen (der Ergomterabstand wurde so gewählt, daß die Kniekehlen nicht überstreckt wurden), Füße in Turnschuhen.

3. Keine störende, optische, oder akustischen Reize.

4. Einbestellung der Patienten in Trainingsanzügen 2o bis 3o Minuten vor Meßbeginn, damit sich die Probanden in einem ausgeruhten Zustand befanden.

5. Anlegen der Staumanschetten möglichst nahe am Kniegelenk. Die Schläuche müssen nach distal weisen, damit der Konus der Manschette sich richtig anpaßt.

6. Auswahl der Meßfühler nach Umfang des Unterschenkels. Anlegen des Meßfühlers am Unterschenkel an der Stelle des größten Wadenumfanges. Die Vorspannung wurde so gewählt, daß sich die Meßfühler noch ohne Schwierigkeiten längs des Beines verschieben ließen, also nicht sichtbar eindrückten.

Wir führten in allen Gruppen zwei Messungen durch und zwar Messung I bei Kurbeginn und in einem vierwöchigen Abstand Messung II bei Kurende.

L. Beschreibung der einzelnen Messungen

1. Ruhedurchblutung (RD). Der Staudruck betrug 6o mm Hg, die Stauzeit 1o Sekunden und gemessen wurde in einem Intervall von 1 Minute. Wir führten drei Messungen pro Patient durch und bildeten dann den Mittelwert, da die RD zyklischen Schwankungen unterliegt und eine einzelne Messung deshalb nicht genügt (6, 31). Sie liegt laut Bollinger (6) zwischen 1 - 4 ml/1oo ml Gewebe x Minute. Wegen der relativ großen statistischen Streuung besitzt die Meßzahl der RD nur bei speziellen Fragestellungen z.B. bei der Abklärung einer Angiodysplasie (DD Klippel-Trenaunay/F.P. Weber-Syndrom), bei der Erprobung von Pharmaka oder bei der Untersuchung des Einflusses von Nikotingenuß eine Aussagekraft. Außer in den genannten Fällen leistet die RD für die Diagnostik keinen wesentlichen Beitrag (27).

2. Reaktive Hyperämie (RH). Die Staumanschetten wurden auf 24o mm Hg gefüllt und damit der arterielle Zufluß über 3 Minuten gesperrt; nach Druckablaß folgten Messungen unmittelbar nach Lösung der Sperre, nach 15, 3o, 45 Sekunden und nach 1, 2, 3 Minuten bei einem Staudruck von 6o mm Hg. Die Messung der Durchblutungsreserve (RH) ist wohl einer der wichtigsten Parameter bei der Beurteilung arterieller Durchblutungsstörungen. Sie ist zwar nicht gleichbedeutend mit der Leistungsreserve, da diese schließlich von der Sauerstoffaufnahme- und Verwertung in der Zelle

abhängt, aber sie ist die Vorbedingung für den Energietransport. Die Messung der Durchblutungsreserve erfolgt allgemein standardisiert durch Messung der reaktiven Hyperämie nach dreiminütiger Ischämie. Die Ischämie ersetzt die aktive Bewegung, die nicht so einfach zu standardisieren ist, da die Energiezufuhr mit dem Blutstrom unterbrochen wird, der Stoffwechsel aber weitergeht, wodurch eine lokale Acidose entsteht, die schließlich eine Vasodilatation bewirkt. Eine Ischämiezeit von drei Minuten soll nicht unterschritten werden, jedoch ist diese Zeit für klinische Zwecke voll ausreichend (27). Auch andere Autoren berichten, daß sich die RH in der klinischen Angiologie besonders wertvoll erwiesen habe (6, 31). Als zur Beurteilung vorhandener Funktionsreserven für geeignet halten mehrere Autoren (6, 5, 31) die Bestimmung des peak-flow, der bei schweren arteriellen Verschlüssen verspätet auftritt; bei Gesunden oder leichteren Verschlüssen aber mit dem first-flow identisch ist und innerhalb der ersten 15 Sekunden liegt (6, 31). Unter Einbeziehung des klinischen Bildes wird von einer schweren Angiopathie bei peak-flow Werten unter 5 ml/1oo ml Gewebe x Minute, von mittelgradigen zwischen 5 und 1o ml/1oo ml Gewebe x Minute und von leichteren, wenn das Hyperämiemaximum zwischen 1o und 15 ml/1oo ml Gewebe x Minute liegt, gesprochen (31). Die Mittelwerte der RH nach 3 bis 5 Minuten Drosselung (first und peak flow) an der Wade liegen bei den meisten Autoren zwischen 2o - 28 ml/1oo ml Gewebe x Minute bei gesunden Probanden (6).
Die RH stellt ein gutes Maß für die Leistungsfähigkeit des Kollateralkreislaufes dar und kann somit zur Beurteilung des Kompensationsgrades einer Durchblutungsstörung herangezogen werden. Sie ist ein objektiver funktioneller Test, der nicht der Mitarbeit des Patienten bedarf; jedoch keine Rückschlüsse auf die maximal mögliche Durchblutung erlaubt (5).

3. Definierte Arbeit. Die Patienten mußten eine Minute lang beidbeinig am Eigenbau-Fußergometer 9 kg in einer Tretfrequenz von 12o/min (vorgegeben durch ein Metronom) bewegen. Danach wurde die Durchblutung bei einem Staudruck von 6o mm Hg nach 15, 3o, 45 Sekunden und nach 1, 2, 3, 4, 5 Minuten gemessen.

4. Maximale Arbeit. Die Durchblutungsmessungen erfolgten wie unter Ziffer 3 beschrieben, nur wurden anstatt 9 kg 13 kg bewegt und die Zeitdauer war nicht vorgegeben, wohl aber die Tretfrequenz. Die Patienten sollten bis zur Schmerzgrenze arbeiten. Die geleistete Arbeitszeit wurde danach notiert.

Die Größe des Spitzendurchflusses nach Arbeit entspricht ungefähr den maximalen Durchblutungswerten. Sie sind in den ersten Sekunden nach Arbeitsende am höchsten und fallen dann steil ab. Zwischen dem Ausmaß der geleisteten Arbeit und der totalen Durchblutungsreaktion besteht eine lineare Beziehung (6). Schütz (31) teilt mit anderen Autoren die Meinung, daß die arbeitsbedingte Hyperämie fast nur eine Vermehrung der Muskeldurchblutung darstellt.

M. Beschreibung der Auswertung der Meßkurven

Die Meßkurven wurden von uns mit Hand ausgewertet. Aus dem Anstiegswinkel der Kurve, der Größe der Volumenkalibration, die durch Entnahme eines bekannten Volumens aus dem pneumatischen System erfolgt und der Registriergeschwindigkeit, läßt sich die Größe der Durchblutung berechnen.

Die Formel lautet: $Q = \frac{\operatorname{tg}\alpha \times v}{E}$

α = Winkel zwischen Basislinie und Tangente an dem Initialteil der Einflußkurve
Q = Durchblutung in ml/min
v = Papiervorschub
E = Eichzacke in cm/ml

Auf diese Weise erhält man die Durchströmung des gesamten Gliedmaßenabschnittes unter der Meßmanschette. Anschließend muß noch das Volumen des Meßbereiches ermittelt werden, damit die Werte pro Gewebseinheit (100 ml) angegeben werden können. Nur so ist ein Vergleich zwischen verschiedenen Gliedmaßenabschnitten und denselben Segmenten bei verschiedenen Patienten möglich.

Am häufigsten wird das Volumen des Meßbereiches aus dem Umfang berechnet. Für das Volumen des Extremitätenabschnittes gilt dann die Zylinderformel:

$v = \frac{u^2}{4\pi} \times M$

u = Umfang des Extremitätenabschnittes in cm
M = Manschettenbreite in cm

Prinzipiell wird die Tangente an den initialen im Idealfall linearen Anstieg der Kurve angelegt. Die Linie wird durch die diastolischen Fußpunkte der pulssynchronen Ausschläge gezogen. Die Werte, die zwei verschiedene, geübte Untersucher anhand derselben Kurven ermittelten, differierten durchschnittlich um 3 - 7 % (6). Nach Gutmann (27) liegt der Variationskoeffizient bei 6 %.

Zur Genauigkeit plethysmographischer Durchblutungsmessungen bemerkt Bollinger (6), daß die durchschnittliche Fehlerbreite, wenn alle möglichen Fehlerquellen addiert werden, 10 bis 15 % beträgt. In dieser Zahl sind sowohl apparative und reaktive als auch Auswertungsfehler enthalten.

N. Beschreibung der mathematischen Auswertung bei reaktiver Hyperämie, definierter Arbeit und maximaler Arbeit.

In Abb. 3 - 25 sind die von uns gemessenen Durchblutungswerte tabellarisch und graphisch dargestellt. Die Durchblutung wurde seitengetrennt am rechten und linken Unterschenkel gemessen und zwar pro Gruppe: reaktive Hyperämie, definierte Arbeit und maximale Arbeit.

Die bei den Untersuchungen gewonnenen Daten wurden im Hinblick auf einen statistischen Zusammenhang vor/nach Kur bzw. Unterschieden zwischen den einzelnen Gruppen durchgerechnet.

Mathematische Auswertung (14, 29):

a) Zur Beurteilung von Mittelwertsunterschieden
   1. zwischen den einzelnen Gruppen
   2. Vergleich der einzelnen Gruppen vor/nach Kur
   wurde der t-Test (Signifikanzgrenze $p \leq 0.05$) für unverbundene bzw. verbundene Stichproben herangezogen. Meßwerte der jeweiligen Meßzeitpunkte dienten als Grundlage.

b) Da bekannt ist, daß Arbeitshyperämie bzw. reaktive Hyperämie nach Muskelarbeit bzw. arterieller Drosselung einen exponentiell abfallenden Verlauf nimmt, wurde anhand eines Computerprogrammes aus den gemessenen Durchblutungswerten die entsprechende Kurvenform errechnet und für die graphische Darstellung verwendet. Ausgegangen wurde von folgender Funktion:

$$Y = B \times \exp(A \times X) + C \qquad (29)$$

Modellkurve: $y(x) = b \exp ax + c$

(Relaxationsprozeß mit additiver Konstanten c; c entspricht der geschätzten Ruhedurchblutung)

Mit der Methode der kleinsten Quadrate ist:

$$s(a,b,c) = \sum_{k=1}^{n} (y_k - b \exp ax_k - c)^2$$

y_k = gemessene Durchblutung zur Zeit x_k

zu minimieren.
(x_k, y_k) : Stichprobenkoordinaten.
Notwendige Bedingung: $\frac{\partial s}{\partial b} = \frac{ds}{\partial c} = 0$ Die Lösung existiert.

Dieses Modell kann durch Logarithmenbildung nicht linearisiert werden; eine elementare Lösung kann nicht angegeben werden, deshalb bedient man sich der indirekten Methode:

$\frac{d}{dx}\ y\ (x) = ab \exp ax = ay(x) - ac.$

Nach Bestimmung von a und c verwendet man

$$b = \frac{1}{n} \sum_{k=1}^{n} (d_k - c) \exp (-ax_k)$$

als Schätzgröße für b; dabei ist $d_k : 1 \leq k \leq n$ der konstante Koeffizient des kubischen Splines:

$$f_k(x) = a_k(x - x_k)^3 + b_k(x - x_k)^2 + c_k(x - x_k) + d_k$$

im Intervall (x_k, x_{k+1}), $2 \leq k \leq n - 1$.

Weiter soll f_k und f_{k-1} als stückweise definierte Funktion in x_k 2-mal stetig differenzierbar sein.

Fordert man weiter die Interpolationseigenschaft für den oben definierten kubischen Spline, so gilt:

$f_k(x_k) = y_k = d_k$ für alle k.

c) Bei der Erstellung der Kurven wurden die minimalen Unterschiede zwischen rechter und linker Extremität vernachlässigt. Die Werte wurden addiert und danach gemittelt.
Diese Funktion konnte auch bei den Meßwerten der reaktiven Hyperämie angewendet werden, da sich nach der ersten Sichtung des Zahlenmaterials ergab, daß der erstgemessene Wert nach Lösung der arteriellen Sperre bei unserem Patientengut bei allen Gruppen mit dem peak-flow-Wert identisch war. Dies spricht dafür, daß in unserem AVK-Kollektiv nur leichte bis mittelschwere Verschlüsse bzw. Patienten mit einem guten Kollateralkreislauf vorhanden waren (5).

Die Konstante C entspricht einer geschätzten Ruhedurchblutung, da das Erreichen der Ruhedurchblutung sowohl bei Gesunden als auch besonders bei Durchblutungsgestörten nach reaktiver Hyperämie, definierter Arbeit und maximaler Arbeit sich auf einen Zeitraum bis über 8 Minuten erstrecken kann (5).

Die Koeffizienten A, B und C wurden für die statistische Bearbeitung des Materials nicht weiter verwendet, da es hier nur auf eine zeichnerische Darstellung des Durchblutungsprogrammes ankam.

III. ERGEBNISSE

A. Ruhedurchblutung

Die Meßwerte der Ruhedurchblutung sind in Abb. 1, 2 dargestellt. Die Mittelwerte bewegen sich zwischen und innerhalb der einzelnen Gruppen in einem Bereich von 2 - 3.6 ml/1oo ml Gewebe x Minute. Sie stimmen mit Ergebnissen von Bollinger (6) überein.

B. Reaktive Hyperämie

Die von uns ermittelten Werte bei der AVK-Gruppe lassen sich nach Bollinger (5,6) in leichte Durchblutungsstörungen mit Übergängen zu gesunden Personen bzw. dem Stadium I und dem frühen Stadium II nach Fontaine zuordnen. (16.88 - 18.87 ml/1oo ml Gewebe x min).
Die durchschnittlichen Werte der Durchblutung bei den Gruppen NK und KG liegen in einem Bereich von 28.46 - 34.14 ml/1oo ml Gewebe x Min. Es bestanden keine signifikanten Unterschiede der Werte vor/nach Kur innerhalb einer Gruppe.

C. Definierte Arbeit

Innerhalb der einzelnen Gruppen fanden sich auch hier keine signifikanten Unterschiede.

Mittelwerte in ml/1oo ml Gewebe x min nach 15 sec (Abb. 26):

Gruppe	vor Kur	$S\bar{x}$	nach Kur	$S\bar{x}$
AVK	16.5o	1.58	18.oo	1.69
NK	25.3o	2.83	26.47	2.29
KG	23.32	2.48	25.24	2.88

D. Maximale Arbeit

Hier ergab sich nur in der AVK-Gruppe ein signifikanter Unterschied der Werte vor/nach Kur bei dem erstgemessenen Wert (nach 15 Sekunden).

Mittelwerte in ml/1oo ml Gewebe x min nach 15 sec (Abb. 26):

Gruppe	vor Kur	$S\bar{x}$	nach Kur	$S\bar{x}$
AVK	19.4o	1.43	22.32	1.57
NK	31.35	2.o1	33.o6	1.92
KG	31.o3	2.75	33.66	2.45

E. Vergleich der Gruppen AVK/NK und AVK/KG

Bei einem Vergleich der Gruppen untereinander fanden sich signifikante Unterschiede sowohl vor als auch nach Kur (Abb. 26 - 39) bei allen drei Messungen (reaktive Hyperämie, definierte

Arbeit, maximale Arbeit). Zu bemerken ist, daß sich die Gruppen bei der reaktiven Hyperämie nur im erstgemessenen Wert signifikant unterscheiden; bei der definierten Arbeit waren im Vergleich AVK/KG nur die ersten beiden Werte (nach 15 und nach 3o Sekunden) signifikant verschieden und bei AVK/NK Vergleich die ersten drei Werte (nach 15, 3o und 45 Sekunden) unterschiedlich; bei der maximalen Arbeit unterschieden sich die Gruppen sogar noch bis zu einer Minute signifikant.

Die mittleren Durchblutungswerte bei den Gruppen NK und KG unterschieden sich bei allen Messungen (reaktive Hyperämie, definierte Arbeit, maximale Arbeit) nur geringgradig (Abb. 24, 25). Es wurde deshalb nach Durchsicht dieses Datensatzes auf eine t-Wert-Testung verzichtet.

F. Arbeitszeiten

Abb. 4o, 41 und 42 stellt die gemessenen Arbeitszeiten bei maximaler Arbeit dar. Es sind bei allen Gruppen Unterschiede, die auf einem Signifikanzlevel von $p \leq o.o5$ aber nicht signigikant sind, zwischen der I. und II. Messung festzustellen.

Mittelwerte in Sekunden (Abb. 41):

Gruppe	vor Kur = I	$S\bar{x}$	nach Kur = II	$S\bar{x}$	Differenz II - I
AVK	1oo.83	19.74	127.58	24.99	26.75
NK	181.57	29.63	198.35	28.97	16.78
KG	166.5o	45.68	167.8o	52.33	1.3o

IV DISKUSSION

A. Meßmetnoden

Auch wir können - wie andere Autoren (2,6,23,31) - nach unseren Untersuchungen bestätigen, daß wir die Venenverschlußplethysmographie nach dem Whitney "strain-gauge" Prinzip für eine sehr geeignete Methode zur quantitativen Messung der Durchblutung und damit zur Diagnostik von arteriellen Durchblutungsstörungen halten.

Der Vollständigkeit halber seien im nachfolgenden noch andere gebräuchliche Verfahren zur Durchblutungsmessung erwähnt und kurz beschrieben.

1. Xenon-Clearance: Dabei wird ein Depot von Xenon-133 in den Muskel eingespritzt und die Abnahme der Isotopenaktivität durch einen Szintillationszähler erfaßt und mit einem Schreiber registriert. Aus der im Idealfall exponentiell verlaufenden Kurve wird dann die Durchblutung berechnet; Injektionstrauma, Fettgehalt des Muskels, Inhomogenität und andere Einflüsse bewirken eine relativ große Streuung der Meßwerte (27). Sie hat den Vorteil, die Durchblutung im Skelettmuskel während und nach Arbeit zu messen (5).

2. Ultraschall-Doppler-Verfahren: Das Prinzip des Ultraschall-Doppler-Verfahrens beruht darauf, daß von einem Kristall Ultraschallwellen abgestrahlt werden und nach Reflexion mit geänderter Frequenz von einem zweiten Kristall aufgenommen, wieder hörbar gemacht und registriert werden können. Hierbei erlaubt der Nachweis der akustischen Signale den Rückschluß auf die Durchgängigkeit eines Gefäßes (33). Das Verfahren bedarf eines relativen geringen apparativen Aufwandes und stellt den Indikator für die Blutströmung, wodurch sich auf einfache Weise der periphere systolische Blutdruck messen läßt (27). Das Ultraschall-Doppler-Verfahren ist eine zuverlässige und einfache Methode zur Abgrenzung signifikanter Stenosen und Obliterationen (5).

3. Rheografie: Die Rheografie ist eine rein elektrische Messung und routinemäßig als Screening-Test durchführbar. Es werden pulssynchrone elektrische Widerstandsänderungen über Elektroden vom Körper abgeleitet und mit einem normalerweise vorhandenen EKG-Schreiber registriert. Die Leitfähigkeitsänderungen sind proportional dem Volumen der Pulswelle aber nicht dem Durchfluß. Die Rheografie erlaubt eine gleichzeitige Registrierung von bis zu vier verschiedenen Meßbereichen (27). Jede gewünschte Dauer oder Wiederholung ist ohne einen störenden Einfluß auf den Kreislauf des Patienten möglich (12).

4. Arteriographie: Sie übertrifft andere diagnostische Verfahren durch ihre beweisende Aussagefähigkeit in der Verifizierung morphologischer Veränderungen bei Lokalisation von arteriellen Stenosen und Verschlüssen. Kompensationsvorgänge durch Kollateralentwicklung sind angiographisch darstellbar, in ihrer Entwicklung zu verfolgen, nicht aber in ihrem Leistungsgrad zu verwerten. Die Angiographie kann andererseits als einzige Methode eine Erkrankung des peripheren Arteriensystems dokumentarisch ausschließen. Eine Aussage mit Hilfe der Arteriographie allein über Schweregrad und Prognose der peripheren Durchblutungsstörungen ist nur bedingt möglich (12).

5. Oscillografie: Bei der mechanischen Oscillografie werden die pulsatorischen Volumenschwankungen eines Extremitätenabschnittes durch Anlegen von Blutdruckmanschetten registriert. Die Beurteilung erfolgt im Längsschnitt und Seitenvergleich. Beim Gefäßgesunden sind die Amplituden annähernd seitengleich, im Bereich der Wade ebenso hoch oder sogar höher als die Amplituden am Oberschenkel. Liegt ein Verschluß vor, kommt es zu einer Amplitudenreduktion (33). Vor allem ist vor einer Überbewertung der Amplitudenhöhe als Maß einer Durchblutungsverbesserung zu warnen (12).

6. Gehprobe: Die Gehprobe ist die wichtigste Methode zur Prüfung der Gehleistung und ihrer therapeutischen Beeinflussung bei Durchblutungsstörungen der Beine im Stadium II. Bei standardisierten Bedingungen und bei gleicher Gehgeschwindigkeit (am besten mit Hilfe eines Metronoms), darf man mit einer ausreichenden Genauigkeit rechnen.

Eine Verbesserung der Durchblutung bzw. Blutversorgung läßt sich mit der Gehprobe nicht nachweisen. Bei Kranken mit Claudicatio intermittens infolge eines Arterienverschlusses kann sich die Gehleistung offenbar auch bei etwa gleichbleibenden Durchblutungsverhältnissen ganz erheblich ändern (12).

7. Stoffwechselparameter: Die hypoxische Stoffwechselumstellung im Bereich durchblutungsgestörter Gliedmaßen läßt sich mit Hilfe des Konzentrationsverhältnisses der leicht diffusiblen NAD-Substratredoxpartner Lactat-Pyruvat und Hydroxybutyrat-Acetoacetat im Femoralvenenblut erfassen. Es handelt sich dabei um einen qualitativen Indikator eines intrazellulären Sauerstoffmangels und um keine quantitative Messung. Es lassen sich unter Grundumsatzbedingungen nur bei Patienten mit Ruheschmerz bzw. ischämischen Läsionen hypoxische Stoffwechselabweichungen feststellen (12).

Insgesamt ist zu vermerken, daß sich in der Diagnostik die quantitativen Verfahren (Venenverschlußplethysmographie und Xenon-Clearance) bewährt haben und die anderen Verfahren besonders im Falle einer akuten Durchblutungsstörung als nicht mit hinreichender Sicherheit beurteilungsfähig erwiesen haben (12).

B. Vergleich VVP - Xenon-Clearance

Mörl (23) stellte einen Vergleich der beiden quantitativen Verfahren zur Durchblutungsmessung, nämlich der Venenverschlußplethysmographie und der Xenon-Clearance, an und kam zu dem Ergebnis, daß die Durchblutungswerte bei der Venenverschlußplethysmographie nach reaktiver Hyperämie niedriger lagen als bei der Xenon-Clearance. Die Xenon-Clearance ergibt weniger gut reproduzierbare Werte; der Hauptvorteil ist, sie kann beim stehenden Patienten und während Arbeit durchgeführt werden (5).
Bedenkt man aber den großen Aufwand bei der Xenon-Clearance (27), so ist doch wohl der Venenverschlußplethysmographie der Vorzug zu geben. Nachteilig erweist sich bei der Venenverschlußplethysmographie, daß sie nur die Gesamtdurchblutung erfaßt und daß es weder eine Trennung der Durchblutung von Haut und Muskulatur noch eine solche nach nutritiven und nicht nutritiven Anteilen erlaubt (6, 31).

Wahrscheinlich geben aber Messungen an der Wade und am Unterarm vorwiegend das muskuläre, solche von Hand und Fuß das kutane Durchblutungsverhalten wieder (5). Ferner ist eine Messung der Durchblutung während einer Arbeitsbelastung mit der Venenverschlußplethysmographie nicht möglich (31).

C. Therapieformen

Außer den von uns angewandten speziellen therapeutischen Maßnahmen (Zehenstandsübungen, Rollübungen, Abschreiten der Terrainkurstrecke) sind noch folgende andere Therapiemaßnahmen zu erläutern:

1. Physikalische Therapie und allgemeine Maßnahmen: Dirschauer (11) empfiehlt zur Ämisierung bei peripheren arteriellen Durchblutungsstörungen als elektrische Therapie: galvanische Strombehandlung, diadynamische Strombehandlung, Syncardonbehandlung. Als Hydrotherapie: temperaturansteigende Teilbäder, Wechselbäder, Bürstenbad. Als Bewegungstherapie: Umlagerungsübungen nach Bürger/Ratschow, Drosselungen und Stauungen nach Bier, Intervalltraining (Gehtraining), isometrische Spannungsübungen, Übungsbehandlung nach Kabat, therapeutisches Schwimmen. An Massagen: Vasotrain-Vasculator-Behandlung, Bindegewebsmassagen.
Schoop (28) sieht eine Verbesserung der eingeschränkten Belastbarkeit in einem passiven Gefäßtraining, worunter er alle Verfahren versteht, die eine reaktive Hyperämie provozieren bspw.: arterielle Drosselung bzw. Blutleere, Rollübungen nach Ratschow, Wechselbäder; diese sind nur zu empfehlen, wenn kalte Füße auf funktionellen Faktoren beruhen (hoher Gefäßtonus), Vorsicht ist bei schlechter Kompensation oder manifestem Diabetes geboten; hier können Nekrosen exogen ausgelöst werden. Sie sind daher in diesen Fällen streng zu untersagen. Aktive Übungsbehandlungen sind nach Schoop indiziert vor allem bei der Claudicatio intermittens; er versteht darunter u.a. forciertes Gehen; dies aber nur im Stadium II, da die Voraussetzung dafür eine ausreichende Ruhedurchblutung ist. Im Stadium III oder IV ist eine kräftige Belastung oft kontraindiziert; in diesen Stadien nur kurzfristige Belastungen von einigen Sekunden pro Tag.
Broghammer empfiehlt als nichtoperative allgemeine Maßnahmen: Fernhalten jeder Noxe, Infektsanierung und allgemeine Kreislauftherapie sind Grundvoraussetzung jeder Behandlung. Außerdem sind zu empfehlen:

die Rollbindagen nach Ratschow, Saugstiefelbehandlung mit dem Synkardon-Gerät, Einhalten von Diät (Leinöl, Vitamin B-12); physische und psychische Aktivierung sollten nicht vergessen werden. Körperliche Bewegung aktiviert die Fibrinolyse und hebt den fibrinolysehemmenden Effekt einer Lipidämie auf. Wichtig ist die Behandlung von Hautulcera und trockener oder feuchter Gangrän, wobei das alte Gesetz gilt, trockene Gangrän trocken und feuchte Gangrän feucht zu behandeln. Der Nikotinabusus ist möglichst jedoch nicht abrupt zurückzudrängen; Alkohol ist in Form von Whisky zur Durchblutung geeignet (9).
Auch Janzon (18) wies in einer Studie darauf hin, daß bei starken Rauchern nach reaktiver Hyperämie eine erniedrigte Durchblutung und ein erhöhter peripherer Widerstand zu verzeichnen ist. Er bestätigt somit, daß Raucher in einem erhöhten Maße gefährdet sind. Es wäre deshalb empfehlenswert, starke Raucher mit beginnenden peripheren arteriellen Durchblutungsstörungen eindringlich auf die Gefahr einer wesentlichen Verschlechterung bei fortgesetztem Nikotingenuß hinzuweisen.
Bollinger (6) sieht u.a. in den Faktoren körperliche Aktivität, Nikotinabstinenz und Alter Einflüße auf den Schweregrad der arteriellen Insuffizienz.
Nach Brecht (8) nimmt die Prophylaxe (Ausschaltung des Zigarettenrauchens, Übergewicht, Behandlung einer Herzinsuffizienz) einen wichtigen Platz bei den Maßnahmen im Sinne nichtoperativer Therapien von arteriellen Durchblutungsstörungen ein.

2. Medikamentöse Therapie: Zerkowitz (34) stellte nach Untersuchungen mit den Medikamenten Komplamin, Laevadosin, Progresin fest, daß sie eine unterschiedliche Wirkung in Ruhe und nach Belastung zeigen. Die beste Wirkung, d.h. die größte Durchblutungssteigerung war an Gefäßgesunden festzustellen, was auch von anderen Autoren bestätigt wird. (Mahler, Bollinger (12) nach i.v. Raubasin-Gabe; Schütz (12) nach Raubasin-Infusion). Kein Medikament entfaltet laut Zerkowitz (34) bei den Patienten eine der aktiven Muskeltätigkeit vergleichbare nutritive Wirkung. Insofern würde man den besten therapeutischen Effekt in Kombination mit einem Intervalltraining erzielen.

Angelkort (1) berichtet über eine Zunahme der nutritiven Muskeldurchblutung bei Patienten mit Durchblutungsstörungen an den unteren Extremitäten im Stadium IIa bis IV nach Fontaine nach einer Behandlung mit Pentoxyfyllin. Die Stadienzuordnung änderte sich nach Behandlung linear von den schwereren zu den leichteren Schweregraden bei einem signifikanten Anstieg der Gehleistung und einer Abnahme der Ruheschmerzen.
Mahler, Bollinger und Schütz (12) sprechen von statistisch signifikanten Durchblutungssteigerungen nach Naubasin-Gabe, wobei Schütz (12) meint, daß die Hautdurchblutung offenbar stärker betroffen sei als die Muskeldurchblutung.
Dieser Meinung schließt sich Buchwalsky (19) an, indem er die medikamentöse Therapie in Form einer generalisierten oralen Anwendung lediglich bei funktionellen Hautdurchblutungsstörungen für indiziert hält.
Brecht (8) hingegen kommt zu dem Schluß, daß sich systemisch, d.h. intravenös, intramuskulär oder oral applizierte Vasodilatantien als riskant und aus pathophysiologischen Gründen als ungeeignet erwiesen hätten.

3. Chirurgische Therapie: Die lumbale Sympathektomie hat nach Becker (4) eine strenge Indikationsstellung, bei deren Beachtung aber gute Früh- und Langzeitergebnisse zu erwarten sind. Indiziert ist sie im Stadium II und III bei isolierten Verschlüssen von Arterien im Unterschenkel und Fußbereich. Das Stadium IV gilt als ungeeignet oder ist lediglich in Verbindung mit gefäßrekonstruierenden Maßnahmen zu erwägen.
Liechti (6) erbringt in seiner Untersuchung den Nachweis mit Signifikanz, daß die lumbale Sympathektomie eine Verbesserung der Muskeldurchblutung bewirkt; dabei haben jüngere Patienten bessere Erfolgschancen als ältere. Ferner ist der Operationserfolg um so geringer je schwerer das Krankheitsbild ist. Unter Beachtung der Art des Verschlusses, Risikofaktoren etc. kommen laut Becker (4) als gefäßrekonstruierendes Verfahren zum einen die Ausraumung begrenzter Verschlüsse (Desobliteration, Desobstruktion, Thrombarteriektomie, Ausschälplastik), zum anderen die Umgehung von arteriellen Verschlüssen, das Einsetzen einer Kollaterale (Umleitung, Bypass, Interponat) aus autologer Vene oder aus fabrikgefertigter Dacron-Prothese in Frage. Nach seiner Auffassung bestehen in folgenden

Stadien Indikationen zur Operation: (Stadieneinteilung nach Fontaine)
Stadium I: Hier wird selbstverständlich nicht eingegriffen, da trotz nachweisbarem Arterienverschluß eine beschwerdemäßig ins Gewicht fallende Klinik nicht besteht.
Stadium II: Bei sehr kurzer Gehstrecke, vorwiegend wenn der Abschnitt Aorta-Iliaca betroffen ist. Im Femoralis-Poplitea-Abschnitt lassen sich mit konservativen Maßnahmen (regelmäßiges Training) noch so gute Erfolge erzielen, daß der konservativen Therapie der Vorzug zu geben ist.
Dazu hat Buchwalsky (4) eine Untersuchung angestellt, mit dem Ergebnis, daß in einem Vergleich von Patienten mit einer Durchblutungsstörung vom Oberschenkeltyp bei nur mit Training therapierten nach 17 Monaten 52 % beschwerdefrei waren, bei operativer Behandlung nach 15 Monaten waren es etwa genausoviele.
Stadium III und IV: bedeuten Amputationsbedrohung, deshalb sind hier alle Maßnahmen zur Erhaltung der Extremität gerechtfertigt.
Staiger (19) schließt sich prinzipiell Becker's Operationsindikationen an, betont aber, daß Langzeitergebnisse und Operationserfolg durch eine Bewegungstherapie zu verbessern sind.
Allgemein sind zu einer Operationsindikation laut Ehringer (5) die statistisch gesicherten negativen Beziehungen zwischen den präoperativen Durchblutungsreserven (Kompensationsgrad, reaktive Hyperämie) und deren Veränderung nach Operation zu beachten. Die durch einen bestimmten Operationstyp zu erwartende Zunahme der Durchblutungsreserve hängt also vom präoperativen Kompensationsgrad ab. Vom hämodynamischen Gesichtspunkt her ist eine Operation nur dann indiziert, wenn die präoperativen Werte durchschnittlich unter dem in der betreffenden Gruppe zu erwartenden postoperativem Ergebnis liegen.

D. Meßergebnisse

1. Ruhedurchblutung. Die Meßergebnisse der Ruhedurchblutung bestätigen, daß aus ihnen keine Diagnose oder eine Beurteilung des Schweregrades einer peripheren arteriellen Durchblutungsstörung getroffen werden kann, da die Ruhedurchblutung auch bei Patienten mit Claudicatio intermittens häufig in der Norm liegen kann (5,6,23,31).

2. Reaktive Hyperämie. Auch wir können nach unseren Untersuchungen feststellen, daß sich die reaktive Hyperämie als objektiver Test zur Durchblutungsmessung und zur Schweregradeinteilung gemäß den Stadien nach Fontaine eignet.

3. Definierte Arbeit. Als weiterer objektiver Test könnte nach unseren Untersuchungen die Durchblutung nach einer definierten Arbeit herangezogen werden. Das maximale Stromzeitvolumen hat nach Beendigung der Kur im Mittel zugenommen, was sich aber statistisch nicht absichern läßt.

4. Maximale Arbeit. Betrachtet man die einzelnen Kollektive, so läßt sich bei der AVK-Gruppe feststellen, daß die Durchblutungswerte vor allem nach maximaler Arbeit deutlich höher liegen als die bei der reaktiven Hyperämie und daß gerade bei der maximalen Arbeit eine signifikante Erhöhung der Meßwerte nach 15 Sekunden nach einem Kuraufenthalt zu erwarten ist. Hier kann man sich wohl der Meinung von Bollinger (6) anschließen und davon ausgehen, daß die reaktive Hyperämie zwar ein objektives Kriterium für die Durchblutungsmessung darstellt, man aber die Größe des Spitzendurchflusses nach Arbeit den maximal möglichen Durchblutungswerten zuordnen kann. Eine Verbesserung ist hier nach einem Kuraufenthalt zu verzeichnen bei Patienten mit peripheren arteriellen Verschlüssen.

5. Arbeitszeiten nach maximaler Arbeit. Eine deutliche Verbesserung ist bei der AVK-Gruppe zu verzeichnen, was auf einer verbesserten Durchblutungs- bzw. Stoffwechselsituation nach einer Kur beruhen könnte. Allerdarf man hierbei nicht außer acht lassen, daß dies ein subjektiver Test ist, der doch sehr mit dem Wohlbefinden und der Mitarbeit der Patienten zusammenhängt. Mögliche Ursachen für diese Verbesserung könnten wohl darin liegen, daß durch das durchgeführte Training und dem Einfluß der anderen Kuranwendungen eine gezieltere Muskelkoordination am Fußergometergerät möglich war, psychische Faktoren (Ruhe, Ausgeglichenheit, Aufgeschlossenheit körperlicher Beweggung, sportlicher Betätigung gegenüber) und durch das Training eine herabgesetzte Schmerzgrenze und somit größere Leistungsfähigkeit vorhanden waren.
Auch der Leistungssteigerung des NK könnte eine psychisch positivierende Wirkung im Sinne einer erhöhten Toleranz gegenüber dem Belastungstest zugrunde liegen z.B. auf der Basis eines psychogenen Kureffektes, aber auch in Verbindung mit den körperlich trainierenden

weiteren Kurmaßnahmen; und das obwohl kein spezielles Gefäßtraining in dieser Gruppe durchgeführt wurde. Aus diesen Überlegungen heraus ist es auch verständlich, daß es bei der Kontrollgruppe zu keiner Steigerung der Belastungsdauer am Fußergometer kam.

V. ZUSAMMENFASSUNG

In einer prospektiven Studie im Rahmen eines Kuraufenthaltes in Bad Tölz führten wir Durchblutungsmessungen am Unterschenkel durch. Dabei wurden Einflüsse der Kuranwendungen sowie einer speziellen Bewegungstherapie (Zehenstandsübungen, Rollübungen nach Ratschow, Abschreiten der Terrainkurstrecke) auf die Durchblutung und Ausdauerleistungsfähigkeit der Muskulatur am Unterschenkel beobachtet und gemessen.

Die Messungen wurden mit der Venenverschlußplethysmographie zu Beginn und am Ende der Kur durchgeführt; diese erwies sich als besonders gut geeignet für eine quantitative Durchblutungsmessung.

Es wurden drei Gruppen gebildet und zwar:

1. Die AVK-Gruppe, Patienten mit diagnostizierten peripheren arteriellen Verschlüssen an den Beinen, denen zusätzlich zu den Kuranwendungen o.a. spezielle Bewegungstherapie verordnet wurde.

2. Das Normalkollektiv, welches aus Kurpatienten bestand, die an keiner Verschlußkrankheit litten und die nur die Anwendungen der Kur (z.B. Schwimmen, Massagen, allgemeine Gymnastik) hatten.

3. Die Kontrollgruppe, die aus dem Klinikpersonal bestand, und die darüber Aufschluß geben sollte, ob nicht kurgebundene Maßnahmen, Einfluß auf die Durchblutung haben.

Insgesamt wurden vier verschiedene Durchblutungsmessungen pro Patient durchgeführt und zwar:

1. Ruhedurchblutung

Auch bei unseren Messungen fanden sich bei

der Ruhedurchblutung keine signifikanten Unterschiede weder vor/nach Kur noch in einem Vergleich der Gruppen untereinander. Die Ruhedurchblutung stellt somit kein Kriterium zur Diagnostik einer peripheren arteriellen Durchblutungsstörung dar, da sie auch bei Patienten mit einer Claudicatio intermittens häufig im Normbereich liegen kann.

2. Reaktive Hyperämie

Bei den Messungen der reaktiven Hyperämie nach dreiminütiger arterieller Sperre zeigte sich, daß sich die Werte innerhalb einer Gruppe vor/nach Kur nicht signigikant unterschieden; wohl aber bestanden zwischen den Gruppen signifikante Unterschiede. Somit eignet sich die reaktive Hyperämie als objektiver Test zur Durchblutungsmessung, anhand dessen man eine Schweregradeinteilung gemäß den Stadien nach Fontaine vornehmen kann.

3. Definierte Arbeit

Die Patienten wurden am Eigenbaufußergometer eine Minute lang mit 9 kg belastet und danach Durchblutungsmessungen ausgeführt. Es fanden sich innerhalb der Gruppen wiederum keine signifikanten Unterschiede; jedoch die Gruppen untereinander unterschieden sich signifikant. Dieser Test könnte deshalb als weiterer objektiver Test diagnostisch eingesetzt werden.

4. Maximale Arbeit

Hierbei wurden die Patienten mit 13 kg bis zur jeweiligen Schmerzgrenze belastet. Es stellte sich heraus, daß in der AVK-Gruppe die Werte vor/nach Kur signifikant waren, woraus man auf eine Durchblutungsverbesserung bzw. auf eine Leistungssteigerung der Wadenmuskulatur nach Kur schließen könnte. Die Gruppen untereinander unterschieden sich auch signifikant.

Ferner wurden die Arbeitszeiten während der maximalen Arbeit gemessen. Hier ergaben sich bei der AVK-Gruppe und dem Normalkollektiv vor/nach Kur Unterschiede. Die Ursachen hierfür dürften bei der AVK-Gruppe hauptsächlich in der Bewegungstherapie, den Kuranwendungen und psychischen Faktoren liegen; die Leistungssteigerung bei dem Normalkollektiv wohl insbesondere an einem psychogenen Kureffekt in Verbindung mit den die körperlich Aktivität steigernden Kuranwendungen.

VI. LITERATURVERZEICHNIS

1. Angelkort, B., Doppelfeld, E.:
Therapie chronisch arterieller Verschlüsse
Med. Klin. 73 (Nr. 21), S. 791 - 797, 1978

2. Barbey, K.:
Plethysmographische Diagnostik und Therapieüberwachung arterieller Verschlußkrankheiten
Med. Klin. Nr. 34, S. 1888 - 1892, 1965

3. Bartusch, M., Mörl, H., Preuss, E.G.:
Das Profil der reaktiven Mehrdurchblutung (PRM) bei organisch-arteriellen Verschlüssen
Zeitschr. für Kreislaufforschung, Band 59, Heft 1, S. 6o - 66, 197o

4. Becker, H. M.:
Chirurgische Behandlung der akuten und chronischen arteriellen Durchblutungsstörungen
Therapiewoche 28, 4, S. 6o1 - 642, 1978

5. Bollinger, A., Brunner, U.:
Messmethoden bei arteriellen Durchblutungsstörungen
Hans Huber Verlag, Bern, Stuttgart, Wien, 1971

6. Bollinger, A.:
Durchblutungsmessungen in der klinischen Angiologie
Hans Huber Verlag, Bern, Stuttgart, Wien, 1969

7. Bollinger, A., Grüntzig, A.:
Ergometrie und Ergotherapie bei arteriellen Durchblutungsstörungen
Hans Huber Verlag, Bern, Stuttgart, Wien, 1975

8. Brecht, Th.:
Konservative Maßnahmen in der Behandlung arterieller Verschlußkrankheiten
Therapiewoche 28, S. 159 - 162, 1978

9. Broghammer, H.:
Diagnostik und Therapie peripherer Durchblutungsstörungen unter besonderer Berücksichtigung der Wirkung von β-Pyridyl-carbinol
Med. Welt Nr. 17, S. 1o91 - 1o97, 1967

1o. Buchwalsky, R., Schnellbacher, K., Roskamm, H., Barmeyer, J.:
Langzeittrainingseffekte bei chronischer Ischämie
Med. Welt Nr. 25, Heft 3, S. 83 - 86, 1974

11. Dirschauer, Dirschauer, Hamacher:
Physikalische Therapie in der Klinik und Praxis
S. 82
Kohlhammer Verlag, Stuttgart, 1977

12. Ehringer, H., Deutsch, E.:
Durchblutungsstörungen
Schattauer Verlag, Stuttgart, New York, 197o

13. Golenhofen, K., Schütz, E.:
Physiologie des Kreislaufes
S. 373 ff, S. 4o1 ff.
Springer Verlag, Berlin, Heidelberg, New York, 1971

14. Hacker, H.: Dipl.-Mathematiker
Mündliche Mitteilung

15. Heidrich, H.:
Grundlagen und Prinzipien der konservativen Therapie chronisch-arterieller Durchblutungsstörungen
Der Internist, 12. Jahrgang, Heft 9, S. 377 - 384, 1971

16. Heinrich, F., Schultis, K.:
Die Therapie des arteriellen Gefäßverschlusses
Med. Welt, Nr. 17, S. 1o89 - 1o96, 1967

17. Hild, R., Brecht, Th., Zolg, H.:
Das Lactat/Pyruvat-System als Indikator des Ruhestoffwechsels bei arterieller Verschlußkrankheit der Gliedmaßen
Klin. Wschr., 44. Jg., Heft 1, S. 44 - 47, 1966

18. Kappert, A., Leu, H.J., Waibel, P.:
Recent Advances in Vascular Diseases
L. Janzon: S. 45 - 49
Hans Huber Verlag, Bern, Stuttgart, Wien, 1976

19. Kindermann, W., Heiss, H.W.:
Bewegungstherapie bei Herz- und Gefäßkrankheiten
Gerhard Witzstrock Verlag, Baden-Baden, Köln, New York, 1979

2o. Köhler, M., Hinger, H.U.:
Die Auswirkung einer gezielten milden Belastung auf das Lactat- und Pyruvatverhalten im femoralvenösen Blut bei Okklusion der Arteria femoralis
Zeitschr. für Kreislaufforschung Band 6o, Heft 11, S. 1o12 - 1o27, 1971

21. Köhler, M., Schoop, W.:
Aktuelle Probleme in der Angiologie: 18
Hans Huber Verlag, Bern, Stuttgart, Wien, 1973

22. Krause, D., Dittmar, K.:
Ergebnisse bei der physikalischen Therapie
peripherer arterieller Durchblutungsstörungen (1)
438. Med. Wschr., 115, Nr. 11, S. 438 - 44o, 1973

23. Mörl, H., Gabriel, R., Bartusch, M.:
Vergleichende Messungen der Muskeldurchblutung
mit der Venenverschlußplethysmographie und der
C Clearance mit 133-Xenon bei arterieller Verschluß-
krankheit
Zeitschr. für Kreislaufforschung Band 6o, Heft 5,
S. 447 - 451, 197o

24. Mörl, H.:
Arterielle Verschlußkrankheit
Z. Allg. Med. 54, S. 15 - 2o, 1978

25. Ratschow, M.:
Angiologie
Thieme Verlag, Stuttgart, S. 329 ff, 1959

26. Röhr, D.:
Rehabilitation 13
Georg Thieme Verlag, Stuttgart, S. 144 - 15o
1974

27. Rudofsky, G., Gutmann, J.:
Eurasburger Berichte zu Themen der Angiologie
und Kardiologie, Venenverschlußplethysmografie
Herausgegeben von Dr. Ing. Jürgen Gutmann,
Eurasburg, 1979

28. Schoop, W., Heberer, G., Rau, G.:
Physikalische Therapie in Angiologie, S. 315,
Georg Thieme Verlag, Stuttgart, 1974

29. Späth, H.:
Algorithmen für elementare Ausgleichsmodelle
R. Oldenburger Verlag, München, Wien, S. 88 ff.,
1973

3o. Schulte, M.:
Angiopathien
Lehrbuch für Innere Medizin
F.K. Schattauer Verlag, Stuttgart, New York,
S. 393 ff., 1977

31. Schütz, R.M.:
Beurteilung arterieller Funktionsreserven in Gliedmaßen
Urban & Schwarzenberg manuscript, München, Berlin, Wien, 1975

32. Thiele, P.:
Über die Anwendung von Körperübungen und Sport in der Therapie peripherer Durchblutungsstörungen
Med. u. Sport XIV, H. 456, S. 172 - 175, 1974

33. Trübestein, G.:
Pathophysiologie und Diagnostik arterieller Durchblutungsstörungen
Therapiewoche 28, S. 132 - 139, 1978

34. Zerkowitz, H., Hoppe, G., Bublitz, G.:
Untersuchung zur Wirksamkeit gefäßaktiver Medikamente mit der 133-Xenon-Muskel-Clearance
Med. Welt 2o (N.F.), S. 1736 - 174o, 1969

35. Bad Tölzer Schriften Nr. 1
Jodkuren in Bad Tölz
Städt. Kurverwaltung

36. Bad Tölzer Schriften Nr. 2
Klimakuren in Bad Tölz
Städt. Kurverwaltung

37. Bad Tölzer Schriften Nr. 3
Moorkuren in Bad Tölz
Städt. Kurverwaltung

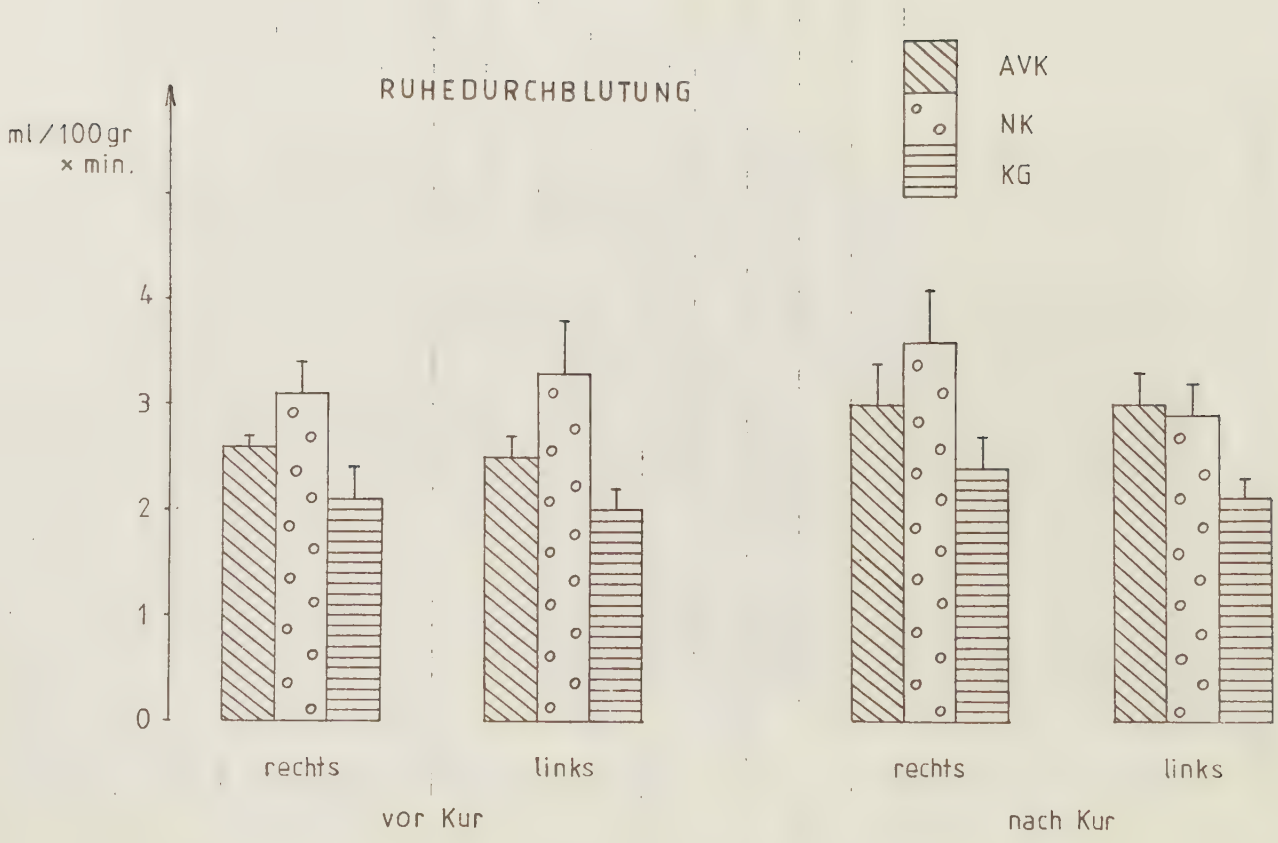
Tabellarische und graphische Darstellungen SEITE

Abb. 1 Graphische Darstellung RD AVK, NK, KG vor/nach Kur 36
2 Tabellarische Darstellung RD AVK, NK, KG vor/nach Kur 37
3 Tabellarische Darstellung Reakt. Hyperämie KG vor/nach Kur 38
4 Tabellarische Darstellung Def. Arbeit KG vor/nach Kur 39
5 Tabellarische Darstellung Max. Arbeit KG vor/nach Kur 4o
6 Graphische Darstellung Reakt. Hyperämie KG vor/nach Kur 41
7 Graphische Darstellung Def. Arbeit KG vor/nach Kur 42
8 Graphische Darstellung Max. Arbeit KG vor/nach Kur 43
9 Tabellarische Darstellung Reakt. Hyperämie AVK vor/nach Kur 44
1o Tabellarische Darstellung Def. Arbeit AVK vor/nach Kur 45
11 Tabellarische Darstellung Max. Arbeit AVK vor/nach Kur 46
12 Graphische Darstellung Reakt. Hyperämie AVK vor/nach Kur 47
13 Graphische Darstellung Def. Arbeit AVK vor/nach Kur 48
14 Graphische Darstellung Max. Arbeit AVK vor/nach Kur 49
15/16 Tabellarische Darstellung Reakt. Hyperämie NK vor/nach Kur 5o
17/18 Tabellarische Darstellung Def. Arbeit NK vor/nach Kur 52
19/2o Tabellarische Darstellung Max. Arbeit NK vor/nach Kur 54
21 Graphische Darstellung Reakt. Hyperämie NK vor/nach Kur 56
22 Graphische Darstellung Def. Arbeit NK vor/nach Kur 57
23 Graphische Darstellung Max. Arbeit NK vor/nach Kur 58
24/25 Tabellarische Darstellung $\bar{x}$, $S\bar{x}$ AVK, NK, KG von RH, def. und max. Arbeit vor/nach Kur 59
26 Tabellarische Darstellung Signifikanzen AVK, KG, NK von RH, def. und max. Arbeit vor/nach Kur 61
27 Tabellarische Darstellung Signifikanzen Vergleich AVK/KG, AVK/NK 62

SEITE

Abb.	28	Graphische Darstellung Vergleich AVK/NK reakt. Hyperämie vor Kur	63
	29	Graphische Darstellung Vergleich AVK/NK reakt. Hyperämie nach Kur	64
	3o	Graphische Darstellung Vergleich AVK/KG reakt. Hyperämie vor Kur	65
	31	Graphische Darstellung Vergleich AVK/KG reakt. Hyperämie nach Kur	66
	32	Graphische Darstellung Vergleich AVK/NK def. Arbeit vor Kur	67
	33	Graphische Darstellung Vergleich AVK/NK def. Arbeit nach Kur	68
	34	Graphische Darstellung Vergleich AVK/KG def. Arbeit vor Kur	69
	35	Graphische Darstellung Vergleich AVK/KG def. Arbeit nach Kur	7o
	36	Graphische Darstellung Vergleich AVK/NK max. Arbeit vor Kur	71
	37	Graphische Darstellung Vergleich AVK/NK max. Arbeit nach Kur	72
	38	Graphische Darstellung Vergleich AVK/KG max. Arbeit vor Kur	73
	39	Graphische Darstellung Vergleich AVK/KG max. Arbeit nach Kur	74
	4o/41	Tabellarische Darstellung Arbeitszeiten AVK, NK, KG vor/nach Kur und Signifikanzdarstellung	75
	42	Graphische Darstellung Arbeitszeiten AVK, NK, KG vor/nach Kur	77

Abb. 1


RUHEDURCHBLUTUNG
ml/100gr
× min.
4
3
2
1
0
AVK
NK
KG
rechts
links
vor Kur
rechts
links
nach Kur

Ruhedurchblutung

Kontrollgruppe (KG)		rechts		links	
		I.	II.	I.	II.
1		3.00	2.10	1.70	2.30
2		1.20	2.40	1.60	1.80
3		1.80	1.70	1.80	1.70
4		2.20	2.10	2.00	1.80
5		2.70	4.00	2.70	2.70
6		1.30	1.50	1.60	1.50
7		3.10	3.10	3.00	3.00
Mittelwerte:	$\bar{x}$	2.19	2.41	2.06	2.11
	$S\bar{x} \pm$	0.30	0.33	0.21	0.21
Normalkollektiv (NK)					
1		4.10	3.70	4.20	2.40
2		2.10	6.10	1.80	2.80
3		2.80	3.30	2.70	3.10
4		2.10	2.10	2.60	2.50
5		4.60	2.80	2.30	2.20
6		2.10	1.50	2.30	1.40
7		2.80	3.30	2.90	3.00
8		2.10	3.10	2.30	2.90
9		2.40	2.50	3.10	2.50
10		4.70	5.40	5.20	4.10
11		3.40	3.60	3.00	2.40
12		4.10	3.70	4.40	3.80
13		1.50	1.80	1.50	2.30
14		5.00	7.40	8.00	6.30
Mittelwerte:	$\bar{x}$	3.13	3.59	3.30	2.98
	$S\bar{x} \pm$	0.31	0.45	0.45	0.31
Arteriellverschlußkranke (AVK)					
1		2.70	1.90	2.40	1.80
2		3.60	5.20	2.00	4.70
3		2.00	4.40	1.90	4.10
4		3.00	3.30	3.80	4.50
5		2.40	2.40	2.80	3.00
6		3.10	2.40	3.10	2.10
7		2.70	1.90	2.40	2.20
8		2.20	1.20	2.90	1.50
9		1.90	2.70	2.30	2.60
10		2.70	2.80	1.50	2.70
11		2.70	3.20	2.70	2.80
12		2.80	4.90	2.50	4.10
Mittelwerte:	$\bar{x}$	2.65	3.02	2.52	3.01
	$S\bar{x} \pm$	0.14	0.36	0.17	0.31

I = Kurbeginn

II = Kurende

Einheit: ml/min x 100g

Reaktive Hyperämie - KG

	0'				15'				30'			
	rechts		links		rechts		links		rechts		links	
	I.	II.	I.	II.	I.	II.	I.	II.	I.	II.	I.	II.
1	18.30	17.10	18.30	23.40	8.70	8.10	6.30	12.30	3.90	2.70	2.40	4.20
2	30.00	25.20	32.40	28.80	15.40	13.80	13.50	13.20	6.00	6.30	5.10	8.70
3	31.50	35.10	34.20	39.60	10.20	15.60	11.10	15.60	4.20	6.90	4.50	6.90
4	25.80	28.80	27.30	27.60	6.60	10.20	7.80	9.90	3.30	4.50	6.80	3.60
5	39.60	42.00	43.80	42.30	22.80	29.70	18.00	24.00	10.50	8.40	7.50	6.90
6	20.70	26.10	24.90	21.00	18.90	17.40	20.70	16.20	3.90	5.40	7.20	5.70
7	33.30	34.80	28.50	29.40	16.80	11.70	12.40	10.80	9.30	6.60	8.70	5.10

	45'				1 min				2 min			
1	3.30	1.50	2.40	2.40	2.40	1.50	2.40	2.40	2.10	1.50	1.80	2.10
2	2.70	4.50	2.70	4.50	2.10	3.30	1.50	2.20	1.50	2.70	1.50	1.80
3	3.00	4.50	3.30	4.50	3.00	2.10	3.30	2.10	1.80	1.50	2.10	1.50
4	3.30	3.30	5.10	2.70	3.30	2.70	4.20	1.80	3.30	2.40	4.20	1.80
5	5.40	9.30	4.90	5.40	4.50	6.90	4.20	5.00	3.90	6.30	2.70	4.80
6	3.00	3.60	3.60	3.30	1.80	2.40	3.00	2.10	1.80	2.10	2.70	2.10
7	6.90	4.50	7.80	3.60	5.70	3.90	6.90	3.60	3.90	2.40	3.90	3.30

	3 min			
1	1.80	1.20	1.50	1.50
2	1.50	2.70	1.50	1.80
3	1.80	1.50	2.10	1.50
4	2.40	2.10	3.90	2.10
5	3.30	5.40	3.30	4.80
6	1.80	1.50	2.40	1.50
7	3.30	2.10	3.60	2.10

Einheit: ml/100 gr x min

Definierte Arbeit - KG

Abb. 4

	15'				30'				45'			
	rechts		links		rechts		links		rechts		links	
	I.	II.	I.	II.	I.	II.	I.	II.	I.	II.	I.	II.
1	18.00	17.40	18.90	16.80	18.00	10.80	18.00	14.40	12.00	7.80	16.20	11.40
2	12.60	22.80	18.00	18.00	12.00	19.20	15.00	16.50	12.00	18.60	10.50	15.00
3	27.60	30.00	30.00	28.80	27.60	25.50	28.20	28.50	27.00	15.60	28.50	20.40
4	32.20	36.00	22.80	24.00	31.90	35.40	21.30	22.20	22.30	27.00	15.60	16.80
5	33.20	37.80	24.40	27.00	24.70	30.30	17.20	18.60	23.00	28.20	16.20	20.10
6	30.00	34.80	27.90	30.60	22.80	28.80	24.00	24.90	17.70	22.80	17.10	20.10
7	18.00	16.80	12.90	12.60	12.00	13.20	10.80	10.50	5.00	4.80	5.00	4.50

	1 min				2 min				3 min			
1	11.10	7.50	15.00	9.90	6.00	2.10	7.50	5.40	2.70	2.10	3.00	3.30
2	5.10	15.90	5.40	14.40	2.40	4.80	2.40	6.30	1.80	3.30	2.40	5.70
3	17.40	8.10	22.50	11.70	5.10	5.70	6.60	6.50	3.30	4.80	6.00	4.20
4	18.40	21.30	13.50	15.60	4.00	6.90	5.10	6.30	3.00	4.20	4.50	3.60
5	13.90	15.90	6.30	8.40	4.60	6.00	3.30	3.00	3.60	5.40	3.00	3.00
6	7.20	15.90	10.20	13.80	2.70	10.50	4.50	9.60	2.10	2.40	3.00	3.30
7	4.80	4.50	4.80	4.50	4.50	2.70	3.90	2.70	4.50	2.70	3.90	2.70

	4 min				5 min			
1	2.10	2.10	3.00	3.30	2.10	2.10	3.00	3.30
2	1.80	3.00	2.40	3.00	1.50	2.40	2.10	2.00
3	2.70	3.30	3.90	3.30	2.70	2.70	3.30	3.60
4	3.00	3.90	4.50	3.00	2.10	3.90	2.70	2.70
5	2.70	4.50	3.00	3.00	2.70	4.50	3.00	3.00
6	1.80	1.80	2.40	2.40	1.80	1.80	2.40	2.10
7	3.30	2.40	3.30	2.70	3.30	2.40	3.30	2.40

Einheit: ml/100 gr x min

Maximale Arbeit - KG

Abb. 5

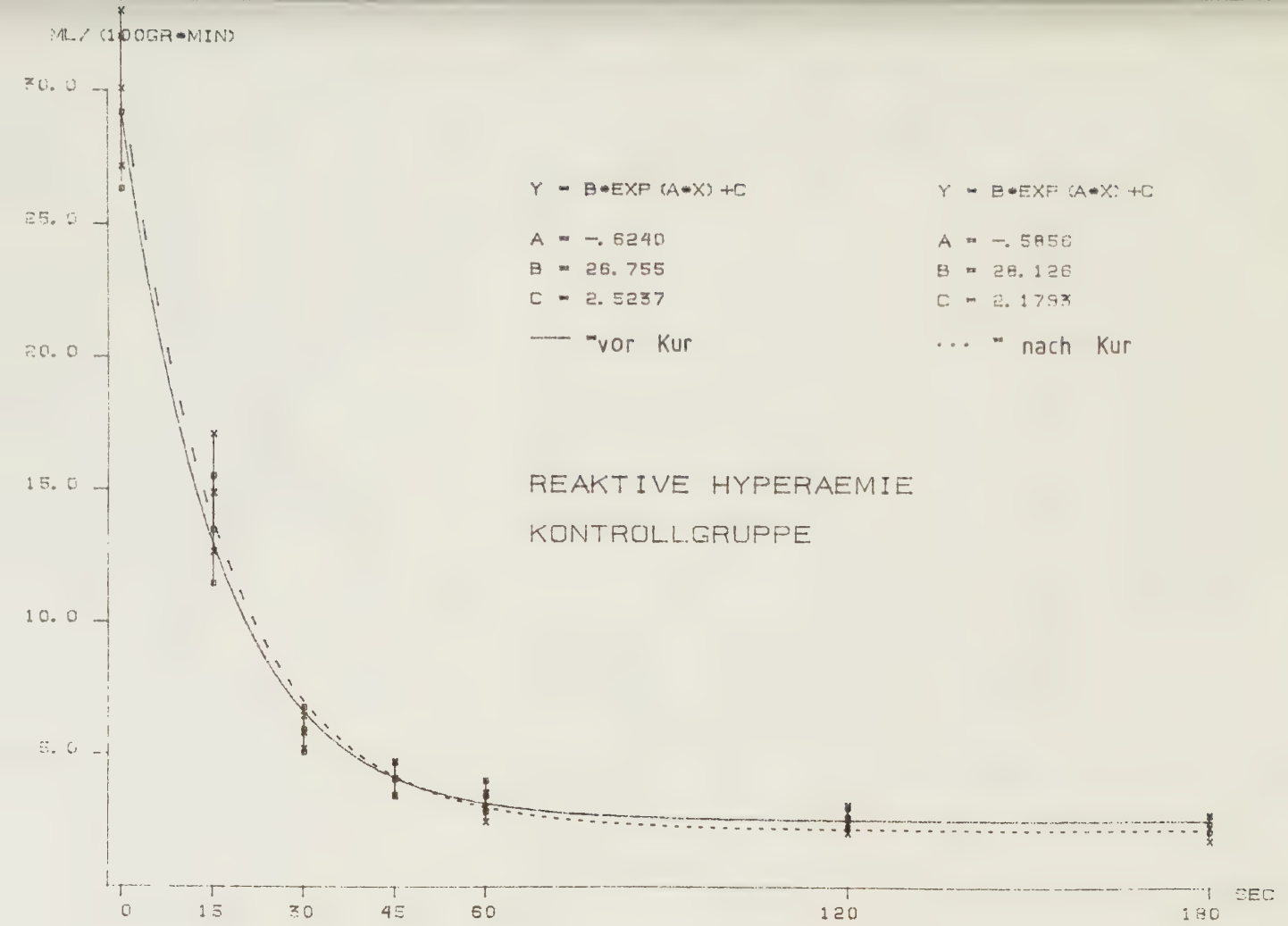
	15'				30'				45'			
	rechts		links		rechts		links		rechts		links	
	I.	II.	I.	II.	I.	II.	I.	II.	I.	II.	I.	II.
1	35.40	36.00	37.50	38.00	34.80	35.20	32.10	33.40	26.40	26.50	24.90	24.70
2	38.40	37.80	38.70	39.00	33.60	34.50	32.70	39.60	34.80	17.40	33.00	20.10
3	27.00	30.00	27.30	25.50	26.40	29.70	24.00	21.00	13.80	25.50	15.90	15.90
4	26.10	45.00	25.80	35.00	25.80	43.80	25.80	33.00	21.60	22.00	18.00	33.00
5	38.10	35.40	33.60	31.80	33.00	32.40	30.00	30.90	33.00	30.60	29.70	26.40
6	23.70	27.60	20.80	22.80	19.50	23.40	18.30	19.80	12.00	23.40	14.00	19.50

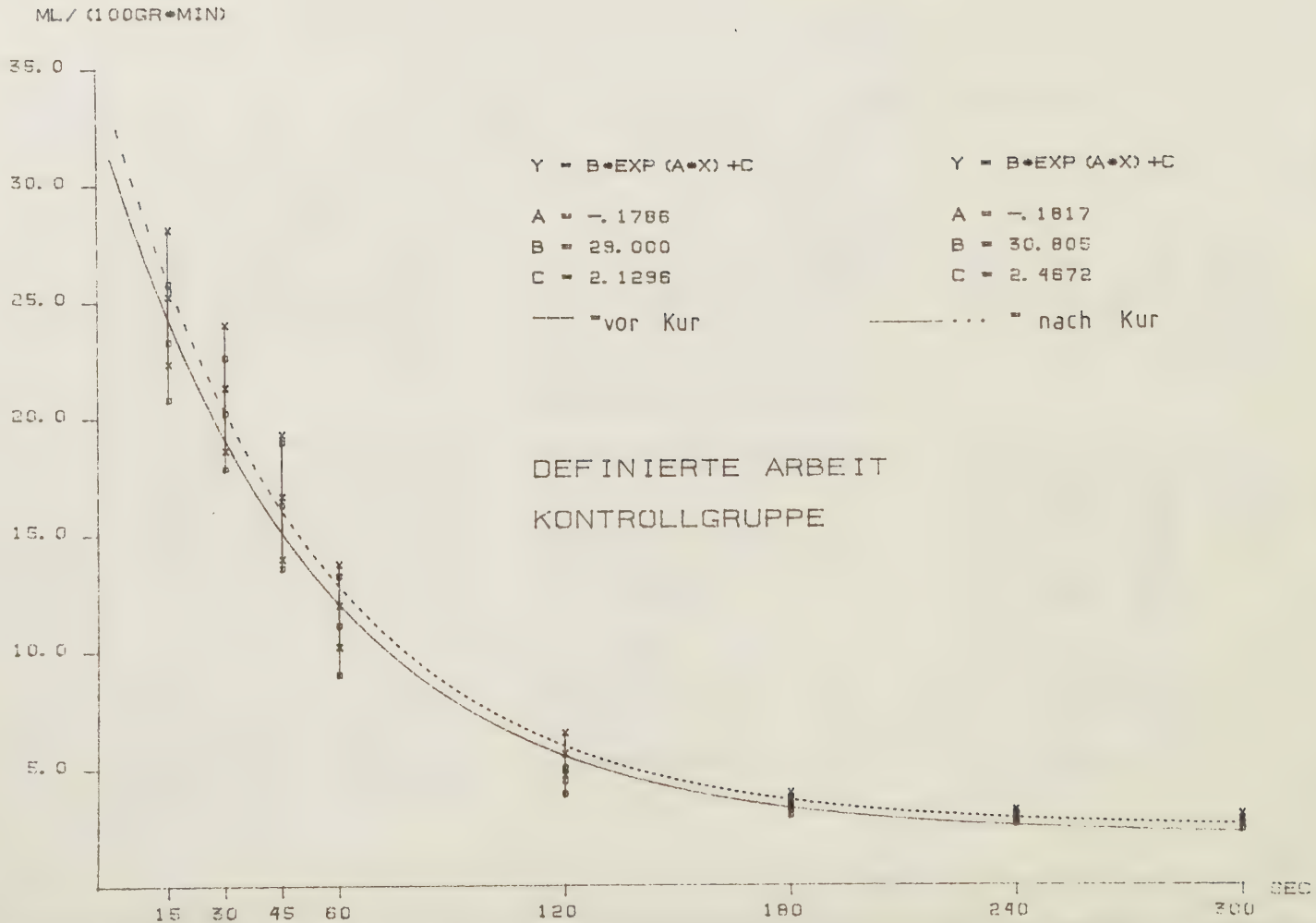
	1 min				2 min				3 min			
1	24.60	26.10	16.20	16.80	11.10	13.20	10.20	12.60	10.80	12.60	10.20	12.00
2	15.60	17.40	25.50	18.30	9.90	8.40	12.60	8.70	8.70	8.00	10.20	8.70
3	12.30	21.60	12.30	14.70	3.90	10.80	5.70	9.90	3.90	6.00	5.10	5.10
4	18.00	39.60	11.70	13.50	12.00	27.00	8.70	9.30	10.50	17.40	5.10	8.40
5	31.50	30.00	25.80	24.30	15.30	12.00	10.50	11.40	6.60	7.50	6.60	8.10
6	10.80	16.80	13.50	15.60	8.40	9.90	9.90	7.80	7.80	7.20	9.90	5.70

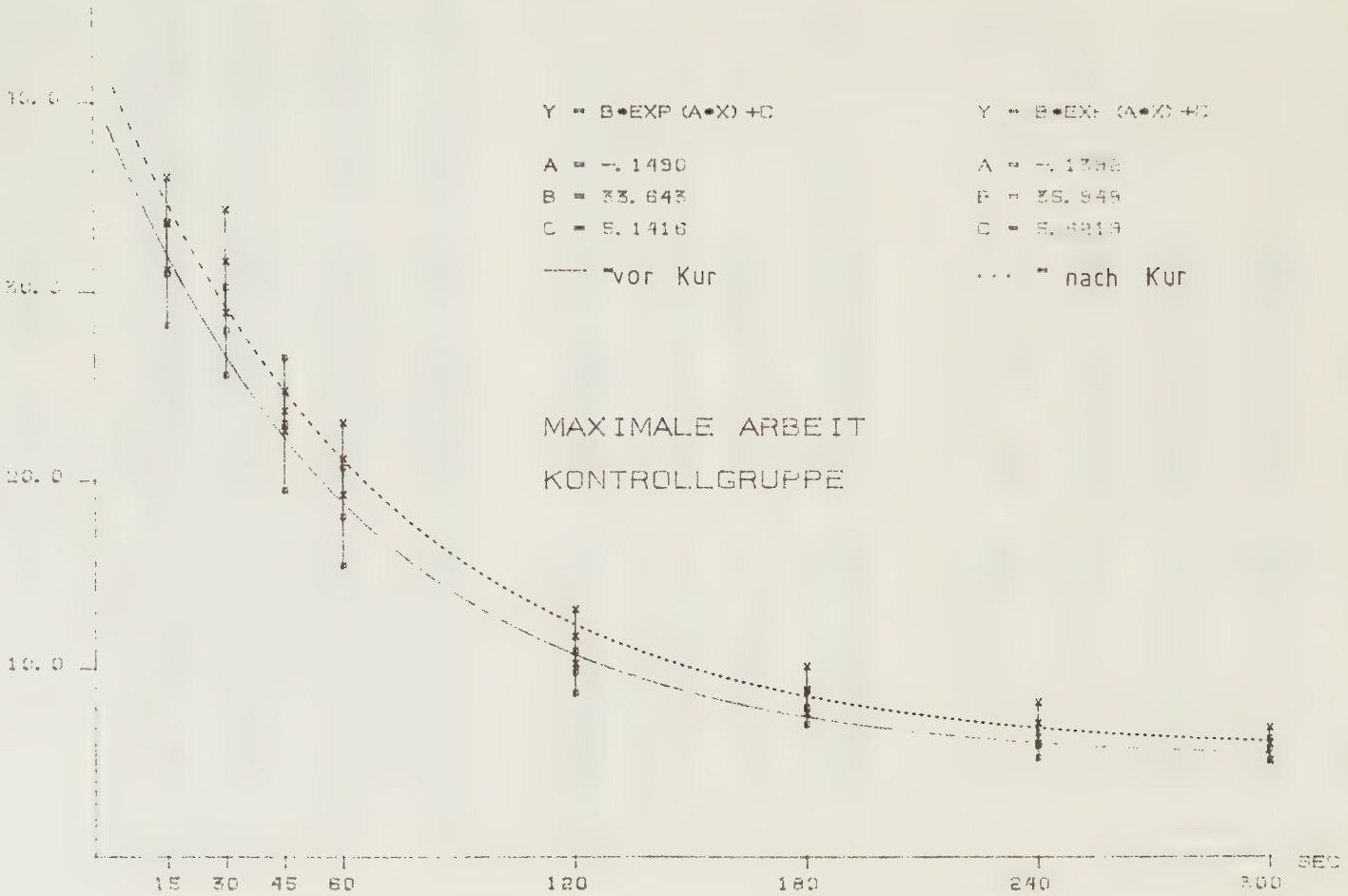
	4 min				5 min			
1	9.20	11.70	6.20	8.40	7.20	9.90	6.20	6.80
2	5.10	7.50	5.40	8.70	6.30	6.90	6.60	8.10
3	3.90	4.20	5.10	3.90	3.60	3.60	4.80	3.00
4	6.60	14.70	4.50	5.40	6.00	10.50	4.50	4.80
5	4.20	5.70	4.80	6.60	3.90	5.40	4.50	5.70
6	6.90	5.10	9.60	3.90	6.90	4.20	8.40	3.30

Einheit: ml/100 gr. x min

Abb. 6


ML/ (100GR*MIN)
30.0
25.0
20.0
15.0
10.0
5.0
0
15
30
45
60
120
180
SEC
Y = B*EXP (A*X) +C
A = -.6240
B = 26.755
C = 2.5237
"vor Kur
Y = B*EXP (A*X) +C
A = -.5856
B = 28.126
C = 2.1793
" nach Kur
REAKTIVE HYPERAEMIE
KONTROLLGRUPPE


ML/ (100GR*MIN)
35.0
30.0
25.0
20.0
15.0
10.0
5.0
Y = B*EXP (A*X) +C
A = -.1786
B = 29.000
C = 2.1296
"vor Kur
Y = B*EXP (A*X) +C
A = -.1817
B = 30.805
C = 2.4672
" nach Kur
DEFINIERTE ARBEIT
KONTROLLGRUPPE
15
30
45
60
120
180
240
300
SEC


Y = B*EXP (A*X) +C
A = -.1490
B = 33.643
C = 5.1416
vor Kur
Y = B*EXP (A*X) +C
nach Kur
MAXIMALE ARBEIT
KONTROLLGRUPPE
30.0
20.0
10.0
15
30
45
60
120
180
240
300
SEC

Reaktive Hyperämie - AVK

	0'				15'				30'			
	rechts		links		rechts		links		rechts		links	
	I.	II.	I.	II.	I.	II.	I.	II.	I.	II.	I.	II.
1	19.60	18.40	15.20	18.40	5.60	9.00	8.00	8.60	3.40	5.40	2.80	4.80
2	15.20	16.80	14.00	14.80	15.20	16.00	11.80	15.60	13.00	15.00	9.20	12.60
3	16.20	19.20	16.00	19.60	13.90	13.60	13.80	10.80	12.00	9.20	6.40	8.40
4	22.20	21.80	16.80	20.40	12.60	9.80	9.60	10.40	7.80	3.80	6.80	5.80
5	18.60	24.60	12.90	10.80	13.80	18.30	16.50	13.20	11.40	13.20	12.60	12.00
6	16.80	21.30	7.20	9.90	16.80	18.60	10.20	10.20	10.50	9.00	9.60	7.50
7	14.20	18.50	20.50	18.60	14.50	15.60	17.40	13.20	3.30	6.60	9.90	5.70
8	15.00	18.30	18.90	18.90	12.90	11.10	12.00	6.30	8.40	3.90	5.40	3.30
9	16.80	25.80	16.20	24.30	6.30	9.60	7.80	8.10	4.50	5.10	6.00	4.20
10	22.20	19.20	22.90	18.60	15.90	6.00	11.70	12.30	11.40	3.90	6.90	8.40
11	12.60	9.90	21.60	17.40	7.80	14.10	7.50	12.00	3.60	7.20	4.20	7.80
12	13.20	12.60	20.40	17.40	13.20	17.10	10.20	15.30	12.80	16.20	5.70	7.20
	45'				1 min				2 min			
1	3.40	2.20	2.60	2.20	3.20	2.00	2.60	2.00	2.40	2.00	2.40	2.00
2	10.60	13.20	6.00	8.40	7.60	11.40	4.20	11.00	6.00	4.40	4.20	8.60
3	5.60	4.40	5.20	4.80	2.80	7.00	1.60	6.40	2.80	5.20	1.60	4.40
4	5.20	3.60	5.80	5.00	5.10	3.40	5.20	4.80	4.50	3.30	4.60	4.60
5	9.20	9.90	8.40	10.80	8.00	8.60	6.00	8.80	2.70	4.50	3.00	5.70
6	6.30	6.30	6.30	6.00	5.40	5.40	6.00	5.50	4.20	3.60	3.60	4.20
7	3.30	4.20	7.20	3.90	2.10	3.90	6.60	3.30	2.10	3.00	4.80	2.70
8	2.70	2.40	3.60	2.70	2.70	2.10	3.60	2.40	1.80	2.10	3.00	2.40
9	3.30	4.50	4.80	4.20	3.00	4.20	4.20	3.80	2.10	2.70	2.10	2.40
10	9.00	3.60	4.80	6.00	7.50	3.60	3.60	5.70	3.60	2.40	2.10	3.90
11	2.70	5.40	3.00	3.80	2.40	4.20	2.40	2.60	2.40	3.30	2.10	1.80
12	7.50	10.00	4.20	5.40	6.00	14.10	3.30	3.90	4.80	6.30	2.40	3.60
	3 min											
1	2.40	1.80	2.40	1.90								
2	6.20	6.80	4.20	4.40								
3	2.80	5.00	1.60	4.20								
4	3.00	3.30	3.80	4.50								
5	2.10	3.00	2.70	2.70								
6	3.30	3.60	2.70	2.10								
7	2.10	2.10	2.70	2.70								
8	1.80	2.10	3.00	2.40								
9	1.80	2.40	2.70	2.40								
10	3.30	2.40	2.10	3.30								
11	2.40	3.00	2.40	1.80								
12	4.20	4.50	2.40	3.00								

Einheit: ml/100 gr x min

Abb. 9

Definierte Arbeit - AVK

15'

	rechts I.	rechts II.	links I.	links II.
1	7.20	6.20	6.80	6.40
2	9.20	15.20	17.20	16.00
3	26.40	26.40	24.00	25.20
4	11.00	15.40	12.00	16.20
5	15.90	20.10	12.50	11.40
6	20.70	17.70	19.80	16.80
7	16.50	11.10	15.30	10.50
8	15.60	21.90	18.60	27.60
9	16.60	20.70	15.00	15.00
10	28.50	25.40	24.90	24.90
11	12.90	17.70	19.20	22.50
12	18.90	24.30	10.50	17.40

1 min

1	4.40	6.00	4.40	6.00
2	8.20	11.80	13.00	15.00
3	18.20	10.80	18.00	9.40
4	4.60	4.40	5.20	6.80
5	8.70	11.10	10.50	9.60
6	15.90	12.60	11.70	9.60
7	11.10	6.00	9.30	7.50
8	13.50	18.60	15.00	19.80
9	6.00	6.60	6.30	5.70
10	9.90	8.70	15.30	14.00
11	9.30	14.10	10.20	16.50
12	9.90	19.20	6.90	5.40

4 min

1	1.60	1.80	1.80	1.80
2	3.60	4.20	2.00	3.00
3	3.80	4.80	4.50	4.60
4	3.20	2.60	3.20	5.00
5	2.70	3.30	3.30	3.00
6	4.20	3.40	5.40	2.70
7	3.00	2.10	3.60	3.30
8	4.20	3.60	4.50	2.40
9	1.80	1.80	2.40	2.40
10	4.50	3.70	3.90	4,80
11	4.80	2.10	3.60	2.10
12	4.50	4.80	2.70	3.30

30'

	rechts I.	rechts II.	links I.	links II.
1	5.40	6.20	5.80	6.40
2	14.20	15.60	15.40	16.00
3	26.40	12.00	24.00	15.80
4	10.00	23.40	9.20	14.40
5	16.50	19.50	12.50	12.60
6	18.80	21.00	12.20	16.20
7	15.00	11.10	16.20	10.80
8	17.40	22.80	17.40	24.00
9	9.40	12.90	9.30	10.20
10	10.80	12.60	17.40	18.40
11	15.30	14.70	19.80	19.50
12	20.40	26.40	12.00	19.00

2 min

1	2.20	2.20	2.20	2.40
2	6.60	7.80	4.40	6.00
3	8.40	5.40	9.80	5.60
4	3.60	3.00	3.20	6.80
5	3.30	3.60	5.20	3.90
6	10.20	7.50	8.10	7.50
7	4.20	3.60	6.30	5.10
8	7.50	5.70	7.80	5.40
9	2.10	3.00	3.30	3.00
10	4.70	4.70	5.10	6.80
11	7.20	5.70	6.90	5.10
12	6.90	5.70	3.30	3.30

5 min

1	1.60	1.80	1.70	1.80
2	3.60	2.00	3.40	3.40
3	3.80	4.80	4.50	4.60
4	3.20	2.60	3.20	5.00
5	2.70	3.30	3.30	3.00
6	3.90	3.00	3.00	2.10
7	2.70	2.10	3.60	3.30
8	3.60	3.30	4.50	2.40
9	1.50	1.80	1.20	2.40
10	4.20	3.50	3.60	4.20
11	2.40	3.30	2.70	2.10
12	3.60	4.80	3.30	3.00

45'

	rechts I.	rechts II.	links I.	links II.
1	0.00	6.20	5.20	6.40
2	20.80	11.80	12.20	15.00
3	6.60	12.60	20.00	12.40
4	12.80	6.40	5.80	0.40
5	18.00	18.00	12.20	10.50
6	13.50	17.70	11.70	15.00
7	6.90	8.10	14.70	8.70
8	15.60	22.20	16.50	24.00
9	8.60	9.60	6.60	6.00
10	10.50	9.60	17.10	16.20
11	12.30	14.40	16.20	10.50
12	15.00	21.60	0.00	12.80

3 min

1	2.20	2.20	1.80	2.20
2	3.60	5.20	2.00	4.40
3	5.00	4.80	6.00	4.80
4	3.30	2.80	3.20	5.60
5	3.00	3.60	4.70	3.90
6	7.80	4.20	6.30	4.50
7	3.30	3.00	3.60	3.30
8	5.40	4.20	6.60	3.30
9	2.10	2.60	3.30	2.40
10	4.70	4.40	3.90	5.80
11	4.80	3.80	5.10	2.10
12	5.40	3.90	3.60	3.00

Einheit: ml/ 100 gr x min

Abb. 10

Maximale Arbeit - AVK

15'

	rechts I.	rechts II.	links I.	links II.
1	12.40	14.00	7.80	10.20
2	18.20	17.80	15.60	20.00
3	18.40	23.20	22.40	24.60
4	28.00	28.80	26.80	33.60
5	22.50	14.70	13.80	11.70
6	20.40	24.00	13.20	16.20
7	17.70	22.80	12.90	24.60
8	18.00	27.30	22.20	23.10
9	25.50	21.00	27.00	26.40
10	32.60	28.00	14.10	22.80
11	16.20	17.40	28.80	30.30
12	20.40	30.00	10.80	23.10

1 min

1	4.60	5.20	4.60	4.80
2	17.20	17.60	12.40	16.80
3	11.40	17.40	13.60	17.20
4	10.00	14.00	11.40	16.60
5	18.60	10.20	12.30	9.30
6	19.20	16.20	14.70	9.60
7	11.90	15.90	8.10	15.00
8	17.10	23.10	19.20	25.50
9	7.50	8.10	7.20	6.30
10	21.60	16.00	19.20	16.00
11	15.90	15.00	27.00	16.00
12	14.40	30.00	10.40	18.60

4 min

1	2.00	2.60	2.00	1.80
2	8.00	12.00	4.20	12.00
3	4.20	4.60	4.60	5.00
4	4.60	6.00	4.60	11.60
5	3.30	3.60	3.30	3.00
6	6.00	4.20	6.90	4.20
7	2.40	4.20	3.90	5.10
8	8.70	6.30	12.00	6.40
9	1.90	2.00	1.90	1.80
10	15.00	13.70	8.70	10.80
11	9.60	9.00	10.80	6.60
12	4.20	9.90	2.40	3.00

30'

	rechts I.	rechts II.	links I.	links II.
	12.80	14.00	8.40	10.20
	18.60	18.00	16.00	18.40
	16.00	21.80	19.60	23.20
	16.80	22.60	16.40	21.40
	20.50	16.50	13.70	12.90
	20.40	23.40	15.40	9.90
	20.70	24.00	12.70	21.30
	20.40	27.30	23.40	28.80
	13.20	17.40	12.90	16.20
	32.70	22.00	19.80	24.90
	21.00	18.00	27.00	18.60
	15.60	25.00	10.10	22.80

2 min

	2.40	2.80	2.40	2.40
	13.20	17.60	9.20	14.40
	6.80	8.00	9.20	9.60
	5.20	7.60	5.20	14.80
	6.60	4.50	6.60	3.30
	12.90	9.60	9.00	8.10
	6.60	9.30	4.60	10.20
	12.00	12.30	13.80	13.30
	2.70	3.30	2.10	2.10
	19.20	15.70	12.90	15.70
	12.00	12.60	26.10	11.40
	10.90	18.60	2.70	5.70

5 min

	1.40	2.20	1.80	2.40
	5.80	11.40	4.00	9.20
	3.60	4.40	4.00	4.00
	4.60	5.00	4.00	9.60
	3.30	3.60	3.30	2.40
	6.00	3.90	5.70	4.20
	1.80	3.50	3.90	4.50
	7.80	5.10	10.20	6.20
	1.80	1.80	1.50	1.80
	14.40	12.00	8.10	8.20
	8.10	7.50	9.00	6.60
	4.20	6.30	3.00	2.70

45'

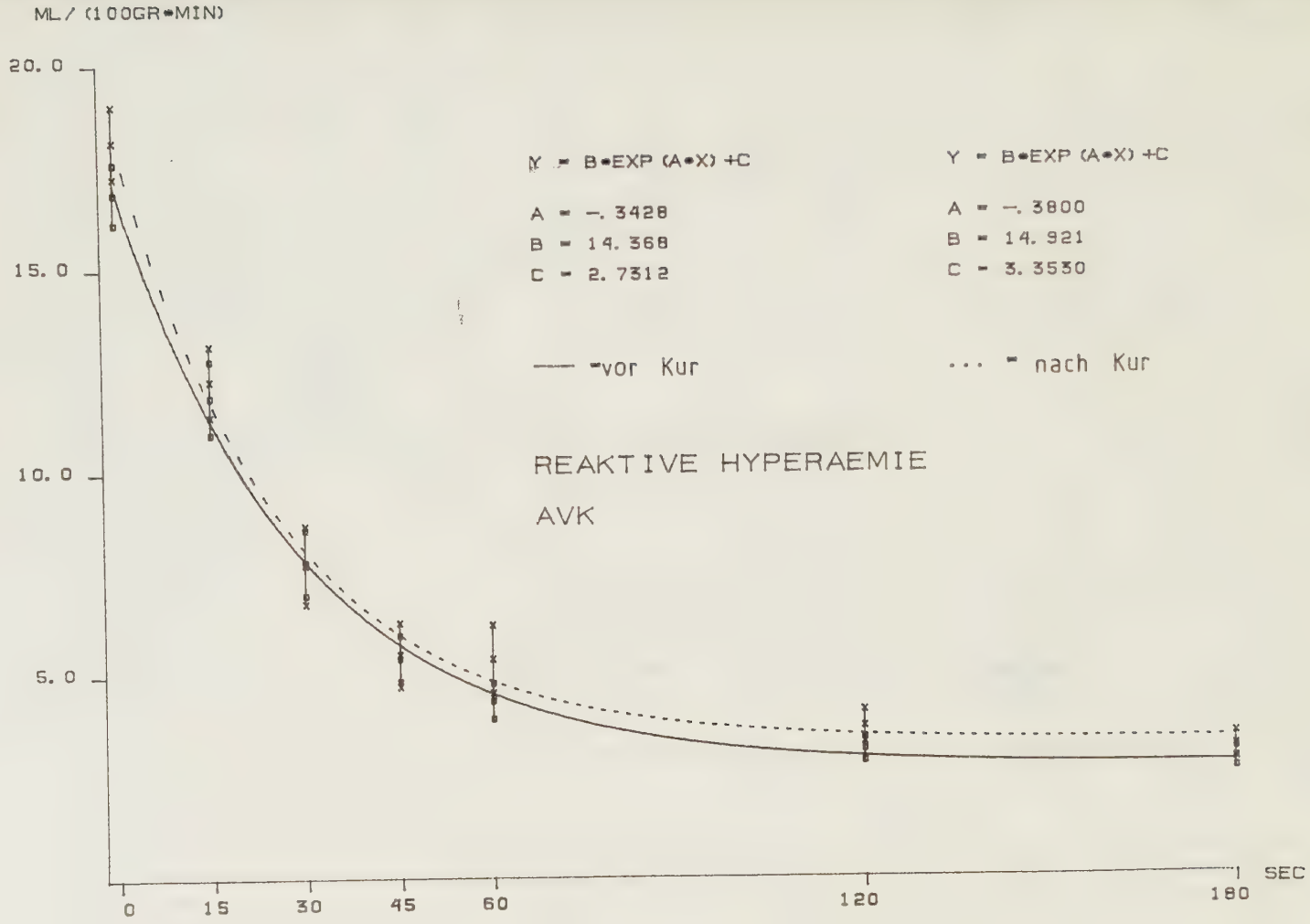
	rechts I.	rechts II.	links I.	links II.
	7.00	8.00	7.00	8.20
	18.40	17.60	13.00	16.80
	13.80	19.20	15.40	20.40
	14.00	20.40	16.00	20.40
	20.40	10.50	13.50	11.10
	20.10	12.90	14.70	9.60
	15.50	20.40	12.60	18.60
	19.20	23.40	21.60	25.50
	8.10	13.20	7.80	12.30
	31.50	18.00	19.20	20.70
	19.80	16.20	27.00	17.70
	18.00	28.80	10.60	18.60

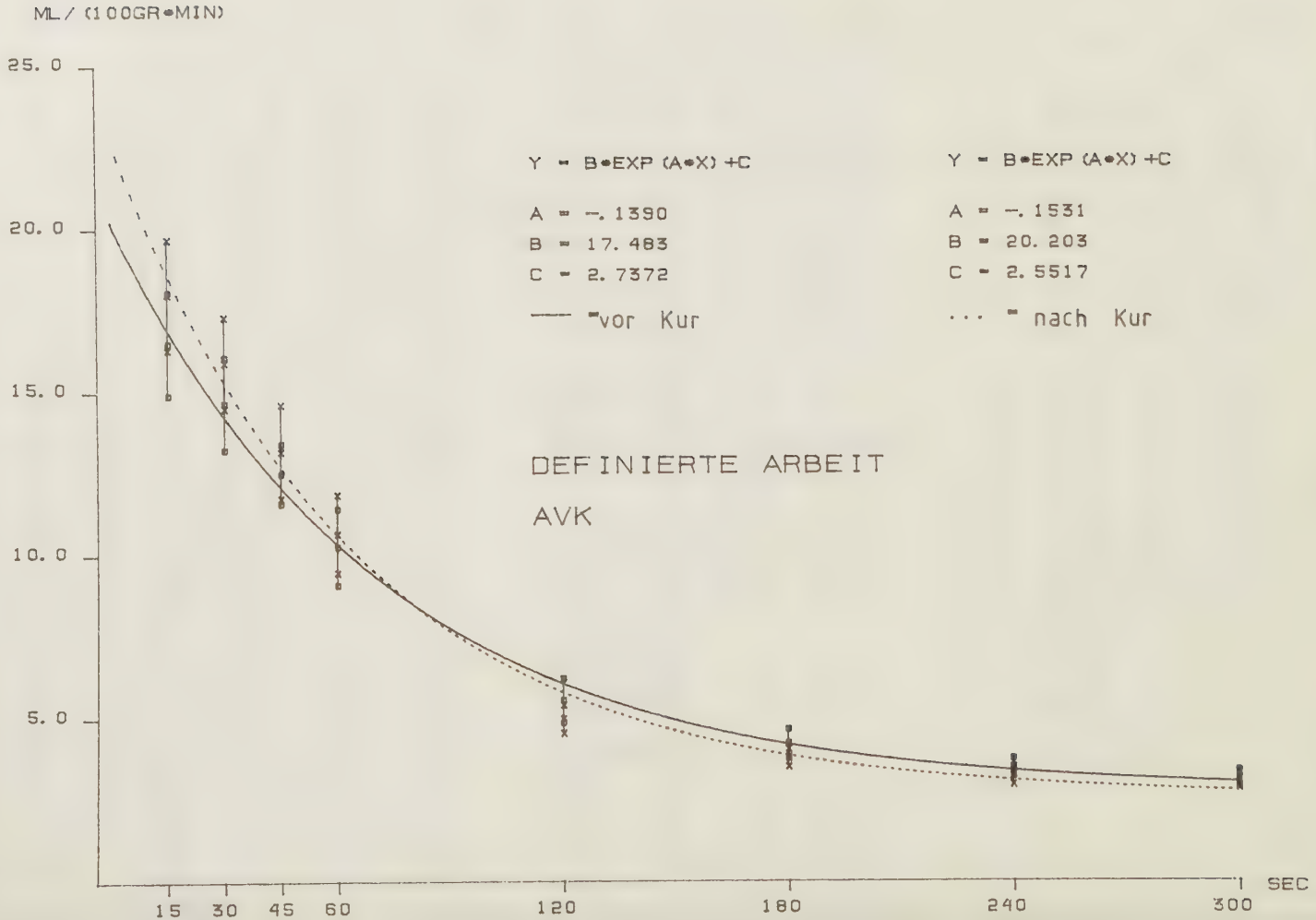
3 min

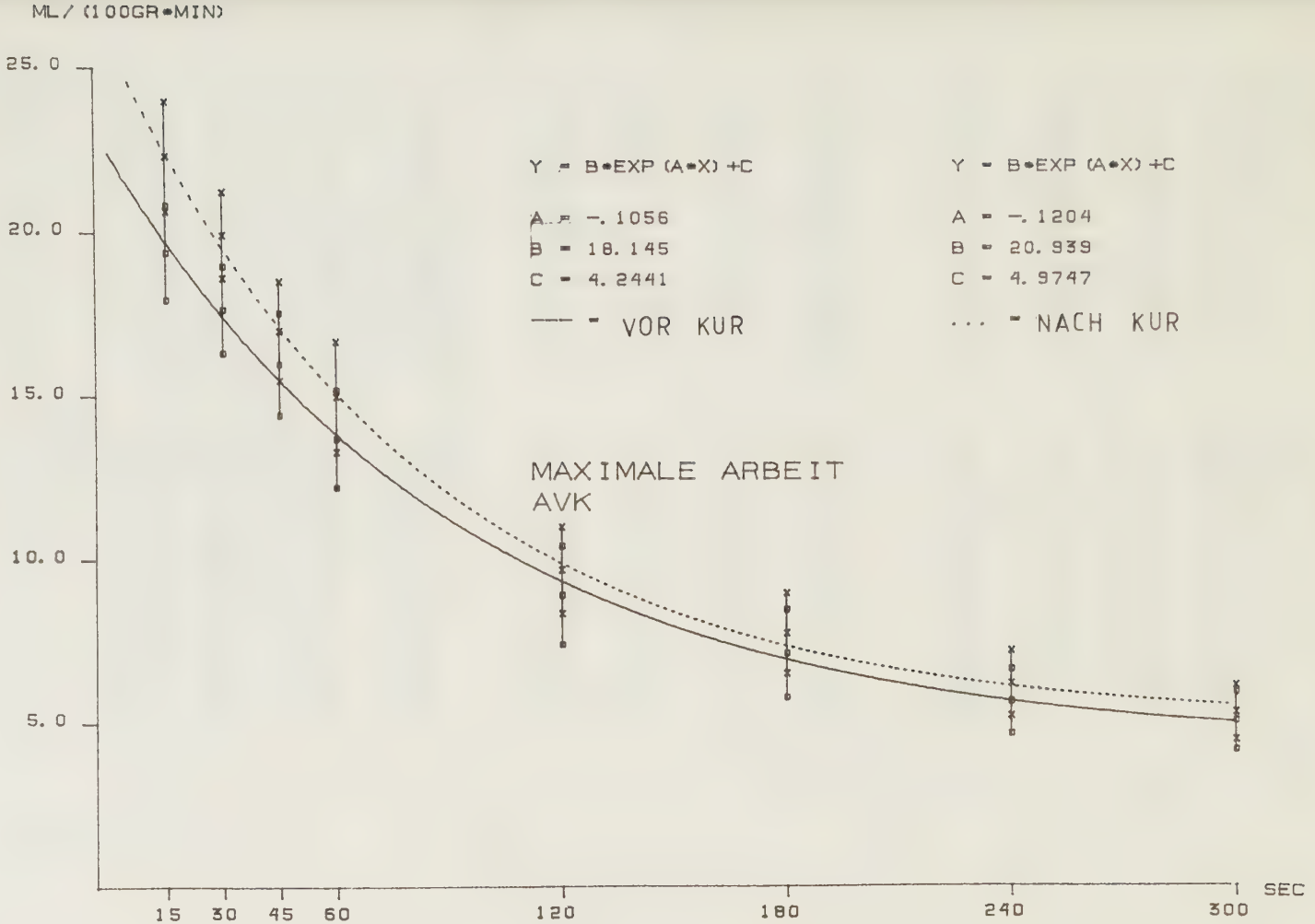
	2.40	2.80	2.20	2.00
	10.40	17.60	6.00	13.40
	4.40	6.60	6.60	7.20
	5.10	7.20	5.20	14.20
	4.50	4.50	3.90	3.00
	10.80	7.80	8.70	6.90
	2.40	4.80	4.30	6.30
	11.70	7.50	13.50	8.20
	2.10	2.10	2.00	1.80
	18.60	14.70	12.60	13.70
	10.50	10.50	15.90	9.30
	5.10	10.60	2.40	3.60

Einheit: ml/ 100 gr x min

Abb. 11


ML / (100GR*MIN)
20.0
15.0
10.0
5.0
Y = B*EXP (A*X) +C
A = -.3428
B = 14.368
C = 2.7312
Y = B*EXP (A*X) +C
A = -.3800
B = 14.921
C = 3.3530
—— = vor Kur
... = nach Kur
REAKTIVE HYPERAEMIE
AVK
0
15
30
45
60
120
180
SEC


ML / (100GR*MIN)
25. 0
20. 0
15. 0
10. 0
5. 0
Y = B*EXP (A*X) +C
A = -. 1390
B = 17. 483
C = 2. 7372
—— = vor Kur
Y = B*EXP (A*X) +C
A = -. 1531
B = 20. 203
C = 2. 5517
··· = nach Kur
DEFINIERTE ARBEIT
AVK
15
30
45
60
120
180
240
300
SEC


ML / (100GR*MIN)
25.0
20.0
15.0
10.0
5.0
Y = B*EXP (A*X) +C
A = -.1056
B = 18.145
C = 4.2441
—— = VOR KUR
Y = B*EXP (A*X) +C
A = -.1204
B = 20.939
C = 4.9747
... = NACH KUR
MAXIMALE ARBEIT
AVK
15
30
45
60
120
180
240
300
SEC

Reaktive Hyperämie - NK

Einheit: ml/ 100 gr × min

Abb. 15

	0'				15'				30'			
	rechts		links		rechts		links		rechts		links	
	I.	II.	I.	II.	I.	II.	I.	II.	I.	II.	I.	II.
1	23.10	27.30	26.70	27.00	19.50	11.70	12.90	10.80	12.00	9.90	8.10	8.10
2	29.70	30.00	26.40	33.00	15.90	11.40	13.20	12.60	10.80	9.00	8.70	8.40
3	29.20	37.40	27.60	36.00	14.40	20.00	14.00	20.40	7.40	13.20	7.60	10.20
4	28.40	29.20	25.60	32.00	8.00	8.40	8.00	14.20	4.40	4.60	4.40	7.40
5	36.80	45.60	23.80	43.60	12.00	17.80	10.40	13.00	6.00	10.40	6.80	8.80
6	27.60	25.00	27.60	32.80	5.20	3.20	6.60	7.20	3.00	2.00	3.00	3.00
7	31.20	34.80	31.20	32.80	13.60	11.40	13.80	8.80	4.40	5.80	4.20	6.20
8	28.80	36.80	27.20	26.40	10.80	10.00	10.40	9.80	6.00	8.80	5.80	8.00
9	31.20	30.40	32.00	31.60	16.20	18.00	16.40	18.00	6.60	7.60	7.00	7.60
10	24.00	27.60	27.60	20.00	17.60	24.60	12.60	10.20	16.40	20.60	8.20	4.00
11	41.40	38.70	37.20	36.00	20.70	17.10	14.70	10.20	13.20	12.00	9.60	6.00
12	39.10	32.40	37.60	22.00	16.20	18.40	17.80	18.40	15.40	10.60	6.00	10.80
13	44.00	32.00	27.00	36.40	24.00	16.00	15.00	16.20	17.60	13.40	11.40	13.20
14	56.80	50.80	36.40	40.80	27.60	21.60	24.00	23.20	16.00	18.20	18.40	18.20

	45'				1 min				2 min			
1	7.50	7.50	5.10	6.90	7.00	7.00	7.00	6.90	3.00	7.20	2.70	6.00
2	8.40	9.00	4.20	7.20	6.30	8.10	2.40	4.50	6.30	6.90	2.40	3.30
3	5.00	9.20	5.20	9.20	3.60	6.00	3.60	6.00	2.60	4.00	2.20	4.00
4	3.40	3.20	3.40	5.60	3.40	3.20	3.40	4.60	2.20	2.00	2.20	2.80
5	5.00	6.40	4.20	5.20	3.00	4.10	2.60	3.40	3.00	3.00	2.00	3.00
6	2.60	1.60	2.60	2.00	2.20	1.60	2.60	2.00	2.00	2.40	1.60	2.00
7	4.00	4.60	4.00	5.60	3.00	4.00	3.00	4.80	3.00	3.00	3.00	3.00
8	6.00	8.00	4.60	7.00	5.00	7.00	3.20	5.40	3.00	4.00	2.80	3.20
9	4.20	4.00	4.20	4.00	3.00	4.00	3.00	4.00	3.00	4.00	3.00	4.00
10	5.60	8.80	7.40	3.60	5.60	7.20	7.40	3.50	5.30	7.20	6.90	3.50
11	10.20	9.30	7.80	4.20	6.00	7.50	5.70	3.90	6.30	4.80	4.80	2.40
12	4.40	8.00	5.30	7.20	4.00	6.80	4.40	5.60	4.00	6.00	4.20	3.60
13	10.80	6.00	8.00	6.80	6.20	3.70	5.00	5.40	4.00	3.00	3.00	3.00
14	9.20	10.60	10.60	10.40	4.80	4.60	7.00	5.80	4.60	7.00	7.00	4.80

Reaktive Hyperämie - NK (2)

3 min

	rechts		links	
	I.	II.	I.	II.
1	2.70	7.20	1.80	2.40
2	6.00	6.90	2.40	3.30
3	2.60	3.20	2.20	3.00
4	2.20	2.20	2.00	2.80
5	3.00	2.80	2.00	2.60
6	2.00	1.40	2.00	1.60
7	2.80	3.00	2.90	3.00
8	2.10	3.10	2.30	2.80
9	3.00	4.00	3.00	4.00
10	5.00	5.30	5.00	3.50
11	5.10	3.90	3.30	2.40
12	4.00	4.00	4.00	3.00
13	3.00	2.00	2.50	2.50
14	4.00	5.00	6.00	4.50

Einheit: ml/ 100 gr x min

Definierte Arbeit - NK Einheit: ml / 100 gr x min

Abb. 17

	15' rechts I.	15' rechts II.	15' links I.	15' links II.	30' rechts I.	30' rechts II.	30' links I.	30' links II.	45' rechts I.	45' rechts II.	45' links I.	45' links II.
1	36.00	24.00	25.10	24.00	34.80	22.70	20.40	23.90	31.20	20.70	19.20	19.20
2	19.20	25.50	13.20	16.80	18.60	19.80	12.00	13.50	14.10	15.90	9.30	9.00
3	16.40	22.00	16.00	23.20	12.80	14.00	14.00	17.80	11.80	13.40	13.40	15.60
4	18.20	23.20	20.60	21.60	18.00	18.60	19.60	18.60	15.80	18.60	7.80	18.60
5	24.40	23.00	17.80	16.40	20.20	21.40	15.80	16.40	17.40	19.60	10.60	16.40
6	20.00	29.60	22.00	18.80	17.20	15.60	20.40	9.20	14.40	11.60	14.60	5.80
7	25.00	28.00	23.80	28.00	23.80	27.00	22.80	27.20	13.40	21.00	13.40	26.00
8	22.40	31.20	21.00	26.00	22.00	28.00	20.60	25.60	21.20	27.00	18.60	25.20
9	16.80	23.20	17.00	23.20	16.60	23.20	17.00	23.20	10.80	19.00	11.00	19.20
10	38.40	30.80	28.80	21.60	37.20	22.60	28.00	15.00	25.60	15.20	18.40	11.20
11	63.00	54.60	49.20	42.00	60.80	53.40	43.20	38.40	57.00	53.40	35.70	34.50
12	27.20	32.80	23.20	26.60	27.00	31.20	23.20	23.60	24.00	27.20	15.20	23.60
13	31.60	36.00	33.60	42.40	30.00	33.60	32.20	39.60	17.80	24.40	21.40	27.60
14	15.60	14.20	23.00	12.40	15.60	10.80	21.00	11.60	9.00	9.00	14.80	9.20
	1 min				2 min				3 min			
1	20.10	16.80	17.40	18.30	11.10	14.70	9.30	7.80	7.50	12.00	3.90	6.00
2	9.60	12.60	5.70	5.10	6.90	9.30	2.70	3.00	5.70	7.50	2.40	2.70
3	7.00	6.80	9.00	9.20	3.40	3.00	4.60	3.60	3.20	3.00	3.00	3.40
4	8.60	10.00	5.00	9.80	4.40	4.00	3.20	4.00	2.60	3.40	2.60	3.40
5	9.80	10.70	6.40	9.40	3.00	2.80	1.80	2.10	2.80	2.10	1.80	1.40
6	8.40	7.00	9.60	3.00	4.20	3.60	3.20	2.20	3.40	2.60	3.00	2.20
7	11.40	21.00	10.40	7.40	3.60	7.60	3.40	3.80	2.60	4.00	3.00	3.00
8	19.40	26.40	16.20	20.20	9.20	12.20	7.40	9.00	7.60	9.60	4.20	6.20
9	8.80	12.40	9.60	12.60	3.60	5.80	3.60	7.20	3.40	4.20	3.20	5.20
10	22.40	15.20	14.00	10.20	14.40	12.00	12.80	8.00	11.00	9.60	10.80	7.30
11	51.00	38.40	25.80	22.80	18.00	11.40	5.70	5.40	12.00	6.90	4.50	3.60
12	18.80	25.60	14.00	16.40	6.80	10.20	5.60	6.40	6.60	7.60	5.00	5.80
13	13.80	19.20	18.70	26.80	6.40	10.40	8.00	11.00	4.80	6.00	6.00	7.20
14	5.80	8.00	13.60	8.00	5.20	7.20	9.20	6.40	4.40	6.80	9.20	6.20

Definierte Arbeit - NK (2) Einheit: ml/ 100 gr × min

	4 min				5 min			
	rechts		links		rechts		links	
	I.	II.	I.	II.	I.	II.	I.	II.
1	4.50	9.60	3.30	5.70	3.30	8.70	3.00	4.80
2	5.70	6.30	2.40	2.70	4.80	4.20	2.10	2.70
3	3.20	3.00	3.00	3.40	2.80	3.00	2.60	3.10
4	2.40	3.40	2.40	3.40	2.40	3.40	2.40	3.40
5	2.80	2.00	1.80	1.30	2.80	2.00	1.80	1.30
6	2.40	2.20	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00
7	2.60	2.00	3.00	3.00	2.60	2.00	3.00	3.00
8	6.00	7.60	3.60	5.60	4.80	6.80	3.00	5.40
9	3.00	3.60	3.20	4.20	2.40	2.40	3.10	2.40
10	8.40	7.00	8.00	7.00	7.80	7.00	6.60	7.00
11	9.00	5.10	4.20	2.70	6.30	5.10	3.00	2.40
12	5.00	7.20	3.60	4.20	5.00	7.00	3.60	3.80
13	4.80	4.20	4.00	4.40	3.00	2.60	3.00	2.60
14	3.40	6.40	8.40	5.80	3.00	5.00	5.40	4.00

Maximale Arbeit - NK Einheit: ml/ 100 gr x min

	15' rechts I.	15' rechts II.	15' links I.	15' links II.	30' rechts I.	30' rechts II.	30' links I.	30' links II.	45' rechts I.	45' rechts II.	45' links I.	45' links II.
1	42.00	33.00	35.60	31.80	40.80	30.00	34.60	30.60	39.50	30.00	33.50	30.60
2	24.60	33.60	17.10	22.80	18.90	33.40	16.20	19.80	15.90	27.30	14.70	18.70
3	25.60	29.60	25.60	29.60	25.00	29.00	25.00	29.00	24.00	24.80	25.60	26.00
4	38.60	38.80	34.60	36.40	27.00	36.00	24.20	34.40	21.00	30.00	18.20	28.00
5	23.20	33.20	18.40	34.00	23.00	32.80	12.80	26.60	21.00	32.00	12.40	24.80
6	26.00	32.00	30.00	27.00	24.00	32.00	28.00	26.00	24.00	28.00	24.80	20.40
7	24.40	32.00	27.20	28.40	24.00	28.40	27.20	28.40	24.00	27.20	27.20	23.60
8	30.00	32.80	26.40	30.00	29.00	32.00	25.60	30.00	24.80	28.40	17.80	25.60
9	48.00	40.00	38.00	44.80	40.00	39.40	35.20	41.60	34.40	37.20	28.80	37.60
10	42.80	28.80	32.80	21.00	41.60	27.60	32.80	16.20	29.00	23.20	23.40	13.60
11	42.30	60.00	34.80	44.40	34.20	58.80	22.50	42.60	30.60	51.60	18.60	33.60
12	40.00	34.80	29.60	26.80	40.00	33.60	29.00	25.80	34.40	28.80	22.80	22.40
13	32.00	26.20	42.40	43.60	31.20	25.80	32.40	40.00	24.40	24.00	23.00	30.80
14	20.20	26.80	25.60	23.60	16.40	26.20	24.60	13.00	12.80	23.60	15.80	10.20

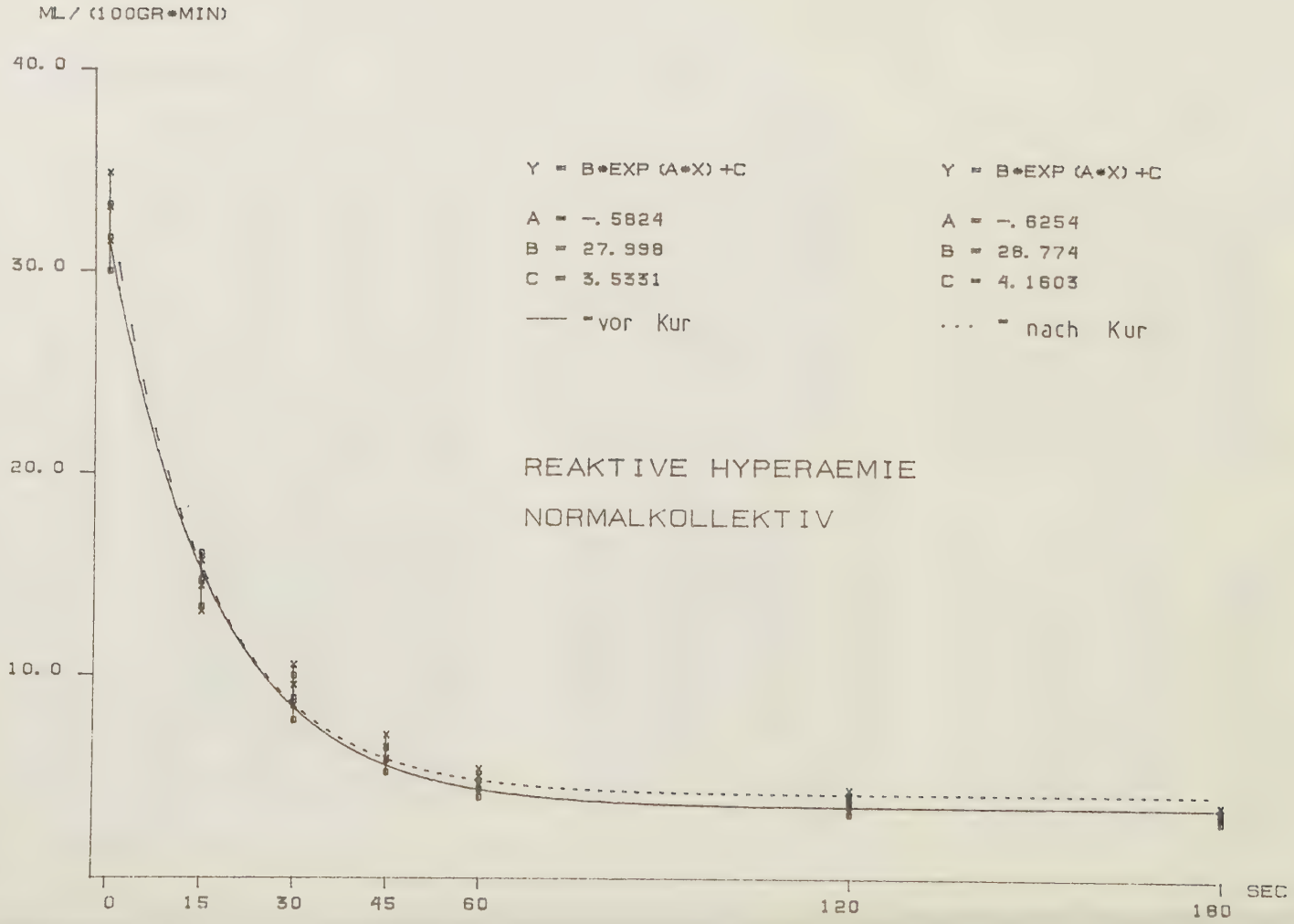
	1 min				2 min				3 min			
1	36.00	27.00	30.10	28.80	13.20	16.20	16.20	14.10	8.70	12.00	8.70	12.30
2	18.40	20.40	12.30	13.80	7.80	7.20	8.10	8.10	7.50	6.90	4.20	5.60
3	23.60	15.80	22.40	26.00	14.00	9.80	14.40	12.80	11.00	8.00	13.00	9.80
4	16.00	19.20	11.20	16.20	5.40	8.00	5.00	7.00	5.20	6.40	4.60	6.40
5	21.60	31.60	12.20	18.80	12.40	24.40	7.00	10.30	16.10	20.80	6.60	8.00
6	24.00	26.40	22.00	18.00	19.60	12.20	16.40	8.60	16.40	10.80	13.00	8.20
7	20.00	21.00	17.60	16.00	16.80	16.00	8.20	5.80	4.80	6.00	5.80	4.80
8	20.00	23.20	15.80	23.60	11.40	13.00	11.20	14.00	9.40	9.00	8.60	12.40
9	28.00	34.80	20.80	34.80	18.80	16.40	17.60	17.60	14.20	14.20	15.00	15.00
10	28.40	21.60	21.60	12.40	15.20	21.60	17.80	11.60	12.80	20.80	11.20	10.60
11	21.00	45.00	12.30	27.00	13.50	20.10	5.40	12.30	9.90	13.50	4.50	7.50
12	28.00	22.20	20.40	18.20	13.20	9.20	8.80	10.20	8.80	6.80	8.80	6.60
13	19.20	22.00	22.00	28.80	10.80	13.80	11.00	24.40	9.80	11.20	9.00	18.40
14	11.40	20.80	15.00	9.20	6.80	11.00	13.80	7.60	6.50	9.80	12.40	7.20

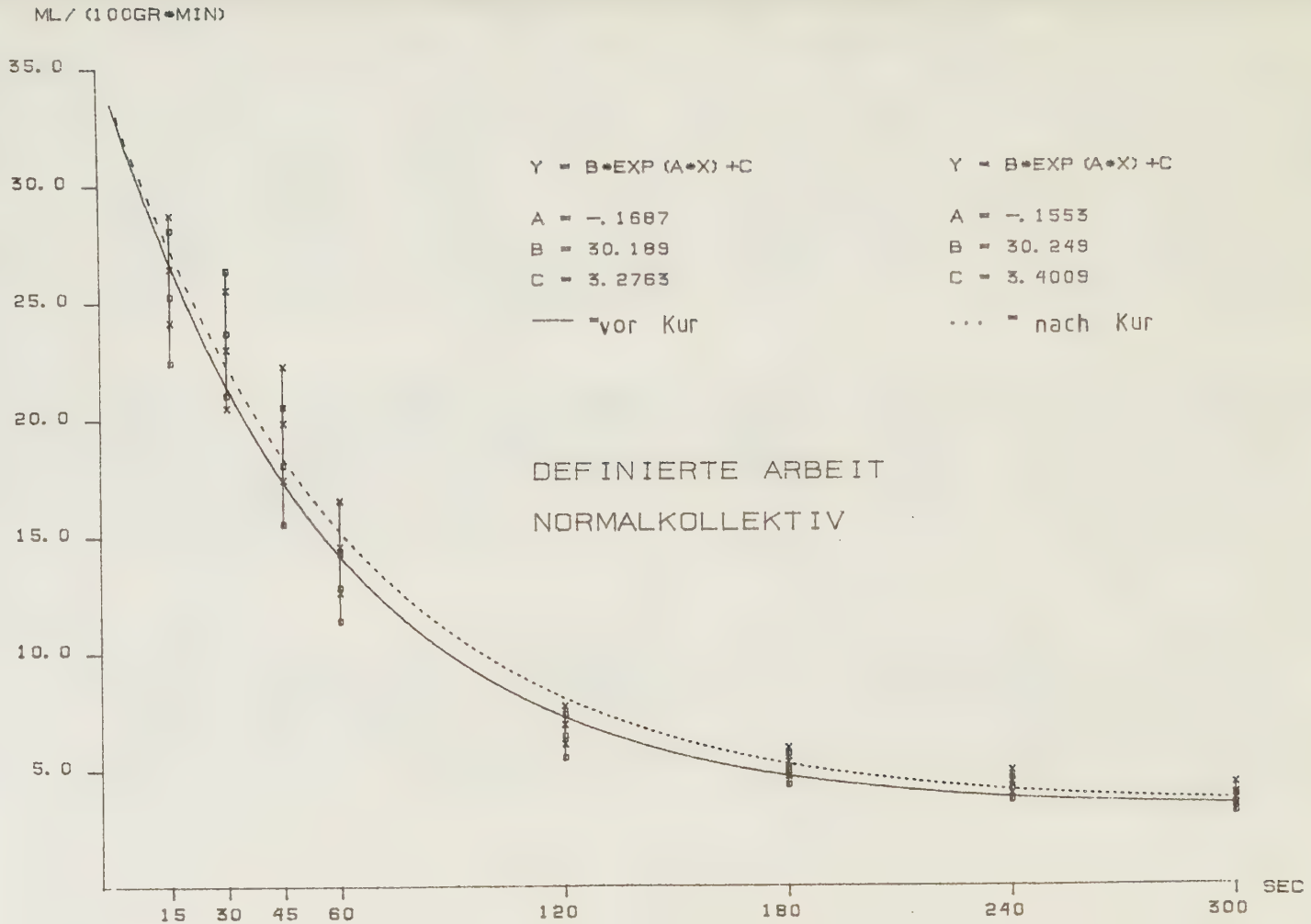
Abb. 19

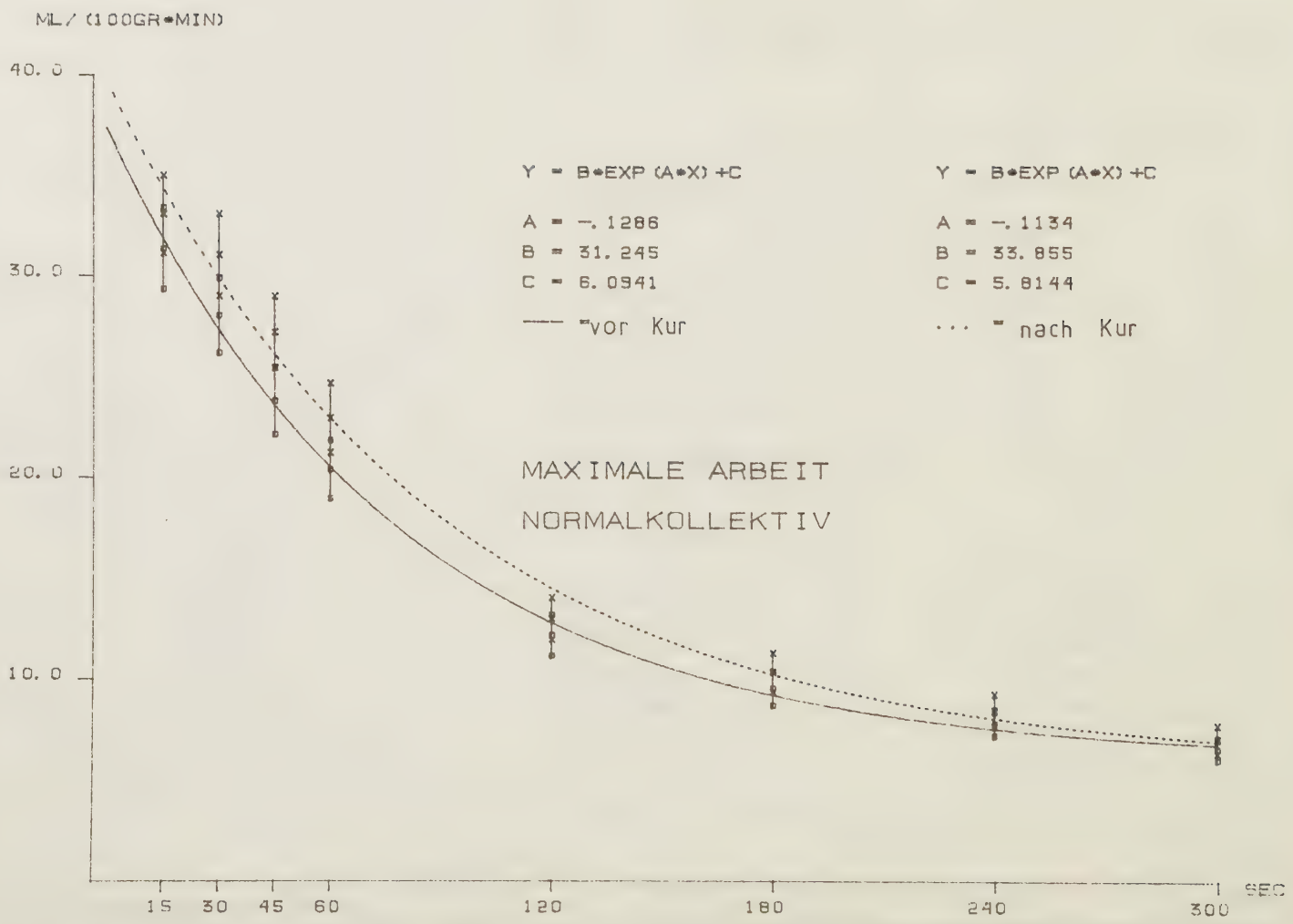
Maximale Arbeit - NK (2) Einheit: ml/ 100 gr x min

	4 min				5 min			
	rechts		links		rechts		links	
	I.	II.	I.	II.	I.	II.	I.	II.
1	7.20	9.00	8.40	7.50	6.00	7.80	7.20	6.00
2	7.20	6.90	4.20	4.20	6.90	6.90	4.20	4.20
3	8.20	6.80	8.20	8.20	8.00	6.60	8.00	5.60
4	5.20	5.00	4.60	5.80	5.00	5.00	4.60	5.40
5	9.00	13.80	4.30	5.60	8.80	10.00	2.00	4.80
6	11.20	8.80	10.00	6.60	10.60	7.20	8.00	4.80
7	4.60	5.00	4.60	3.80	3.60	4.80	3.80	3.60
8	8.00	8.20	7.00	11.00	7.00	8.00	6.40	9.00
9	12.80	10.80	11.60	12.00	10.80	9.00	9.40	9.00
10	11.60	19.80	8.20	10.40	9.60	19.20	7.60	10.40
11	7.80	10.50	3.30	5.40	6.00	7.10	2.40	4.20
12	8.00	6.40	8.40	5.00	7.60	5.80	8.20	4.80
13	9.20	9.40	8.80	15.20	5.00	7.00	4.00	8.00
14	6.40	8.80	9.80	6.60	6.00	7.00	7.00	6.00

Abb. 21


ML / (100GR*MIN)
40.0
30.0
20.0
10.0
Y = B*EXP (A*X) +C
A = -.5824
B = 27.998
C = 3.5331
—— = vor Kur
Y = B*EXP (A*X) +C
A = -.6254
B = 28.774
C = 4.1603
... = nach Kur
REAKTIVE HYPERAEMIE
NORMALKOLLEKTIV
0
15
30
45
60
120
180
SEC


ML/(100GR*MIN)
35.0
30.0
25.0
20.0
15.0
10.0
5.0
15
30
45
60
120
180
240
300
SEC
Y = B*EXP(A*X)+C
A = -.1687
B = 30.189
C = 3.2763
vor Kur
Y = B*EXP(A*X)+C
A = -.1553
B = 30.249
C = 3.4009
nach Kur
DEFINIERTE ARBEIT
NORMALKOLLEKTIV


ML/(100GR*MIN)
40.0
30.0
20.0
10.0
Y = B*EXP(A*X)+C
A = -.1286
B = 31.245
C = 6.0941
—— = vor Kur
Y = B*EXP(A*X)+C
A = -.1134
B = 33.855
C = 5.8144
... = nach Kur
MAXIMALE ARBEIT
NORMALKOLLEKTIV
15
30
45
60
120
180
240
300
SEC

t(sec)

Reakt. Hyperämie:	AVK rechts vor Kur x̄	Sx̄	AVK rechts nach Kur x̄	Sx̄	AVK links vor Kur x̄	Sx̄	AVK links nach Kur x̄	Sx̄	NK rechts vor Kur x̄	Sx̄	NK rechts nach Kur x̄	Sx̄	NK links vor Kur x̄	Sx̄	NK links nach Kur x̄	Sx̄
0	16.88	0.93	18.87	1.30	16.88	1.26	17.43	1.15	33.66	2.44	34.14	1.94	29.56	1.22	32.17	1.76
15	12.36	1.08	13.23	1.18	11.38	0.93	11.33	0.82	15.84	1.60	14.97	1.55	13.56	1.15	13.70	1.28
30	8.51	1.12	8.21	1.28	7.13	0.79	7.31	0.82	9.94	1.37	10.44	1.33	7.80	1.01	8.56	1.02
45	5.73	0.81	5.81	0.99	5.16	0.49	5.27	0.69	6.16	0.70	6.87	0.71	5.47	0.59	6.06	0.60
60	4.65	0.64	5.83	1.09	4.12	0.45	5.02	0.78	4.51	0.41	5.34	0.53	4.21	0.48	4.70	0.54
120	3.28	0.38	3.57	0.38	2.99	0.31	3.86	0.55	3.74	0.38	4.61	0.51	3.41	0.46	3.47	0.27
180	2.95	0.36	3.33	0.42	2.73	0.20	2.95	0.28	3.39	0.33	3.86	0.46	2.96	0.33	2.96	0.19
Def. Arbeit:																
15	16.60	1.86	18.51	1.72	16.40	1.54	17.49	1.87	26.73	3.39	28.44	2.50	23.88	2.40	24.50	2.31
30	14.97	1.63	16.52	1.75	14.35	1.46	15.28	1.38	25.33	3.35	24.42	2.81	22.16	2.14	21.69	2.44
45	12.55	1.28	13.18	1.62	12.43	1.40	13.15	1.55	20.25	3.28	21.14	2.87	15.96	1.85	18.65	2.19
60	9.98	1.22	10.83	1.39	10.48	1.25	10.44	1.38	15.35	3.10	16.44	2.41	12.53	1.54	12.80	1.88
120	5.58	0.75	4.83	0.52	5.47	0.68	5.08	0.47	7.16	1.21	8.16	1.04	5.75	0.85	5.71	0.72
180	4.22	0.47	3.73	0.27	4.18	0.46	3.78	0.37	5.54	0.82	6.09	0.81	4.47	0.70	4.54	0.52
240	3.49	0.30	3.18	0.32	3.41	0.31	3.20	0.31	4.51	0.57	4.97	0.64	3.78	0.54	3.96	0.17
300	3.07	0.26	2.83	0.30	3.17	0.28	3.11	0.30	3.79	0.46	4.37	0.60	3.19	0.35	3.42	0.40
Max. Arbeit:																
15	20.86	1.60	22.42	1.60	17.95	2.05	22.22	1.99	32.84	2.44	34.40	2.23	31.73	2.13	30.62	2.90
30	19.06	1.51	20.83	1.15	16.28	1.56	19.05	1.70	29.65	2.26	33.21	2.21	28.86	2.38	27.15	2.26
45	17.15	1.84	17.38	1.66	14.87	1.64	16.66	1.52	25.70	1.95	29.72	1.95	24.71	2.00	22.58	2.18
60	14.12	1.48	15.73	1.88	13.34	1.77	14.31	1.68	22.54	1.64	25.07	2.03	20.83	1.98	17.50	2.65
120	9.21	1.44	10.16	1.54	8.65	1.95	9.25	1.43	12.78	1.12	14.21	1.39	11.74	1.30	9.60	0.94
180	7.33	1.46	8.06	1.34	6.94	1.37	7.47	1.30	10.08	0.99	11.16	1.29	9.47	1.04	7.85	1.03
240	5.90	1.13	6.51	1.10	5.44	0.99	5.94	1.06	8.31	0.62	9.23	1.03	7.66	0.89	5.93	0.77
300	5.23	1.05	5.56	0.95	4.88	0.81	5.07	0.83	7.21	0.58	7.96	0.94	6.13	0.57	5.83	0.63

Einheit: ml/100 gr x min

t (sec) K G

Reakt. Hyperämie:	rechts vor Kur x̄	rechts vor Kur Sx̄	rechts nach Kur x̄	rechts nach Kur Sx̄	links vor Kur x̄	links vor Kur Sx̄	links nach Kur x̄	links nach Kur Sx̄
o	28.46	2.80	29.87	3.08	29.91	0.38	30.30	2.98
15	14.20	2.22	15.21	2.69	12.83	1.95	14.57	1.79
30	5.87	1.09	5.83	0.69	6.03	0.81	5.87	0.67
45	3.94	0.60	4.46	0.90	4.26	0.70	3.77	0.41
60	3.26	0.53	3.26	0.67	3.64	0.65	2.74	0.43
120	2.61	0.40	2.70	0.62	2.70	0.39	2.49	0.44
180	2.27	0.28	2.36	0.54	2.61	0.37	2.19	0.45
Def. Arbeit:								
15	24.51	3.08	27.94	3.36	22.13	2.25	22.54	2.57
30	21.29	2.88	23.31	3.46	19.21	2.19	19.37	2.36
45	17.00	2.92	17.83	3.42	15.59	2.70	15.47	2.21
60	11.13	2.13	12.73	2.29	11.10	2.42	11.19	1.47
120	4.19	0.48	5.53	1.06	4.76	0.68	5.69	0.88
180	3.00	0.35	3.56	0.48	3.69	0.47	3.69	0.38
240	2.49	0.22	3.00	0.37	3.21	0.29	2.96	0.12
300	2.31	0.23	2.83	0.37	2.83	0.17	2.73	0.23
Max. Arbeit:								
15	31.45	2.69	35.30	2.50	30.62	2.90	32.02	2.71
30	28.85	2.43	33.17	2.75	27.15	2.26	29.62	3.15
45	23.60	3.90	24.23	1.82	22.58	3.18	23.27	2.48
60	18.80	3.22	25.25	3.54	17.50	2.65	17.20	1.57
120	10.10	1.56	13.55	2.77	9.60	0.94	9.95	0.72
180	8.05	1.05	9.78	1.78	7.85	1.03	8.00	1.01
240	5.98	0.81	8.15	1.70	5.93	0.77	6.15	0.86
300	5.65	0.63	6.75	1.19	5.83	0.63	5.28	0.81

Einheit: ml/ 100 gr x min

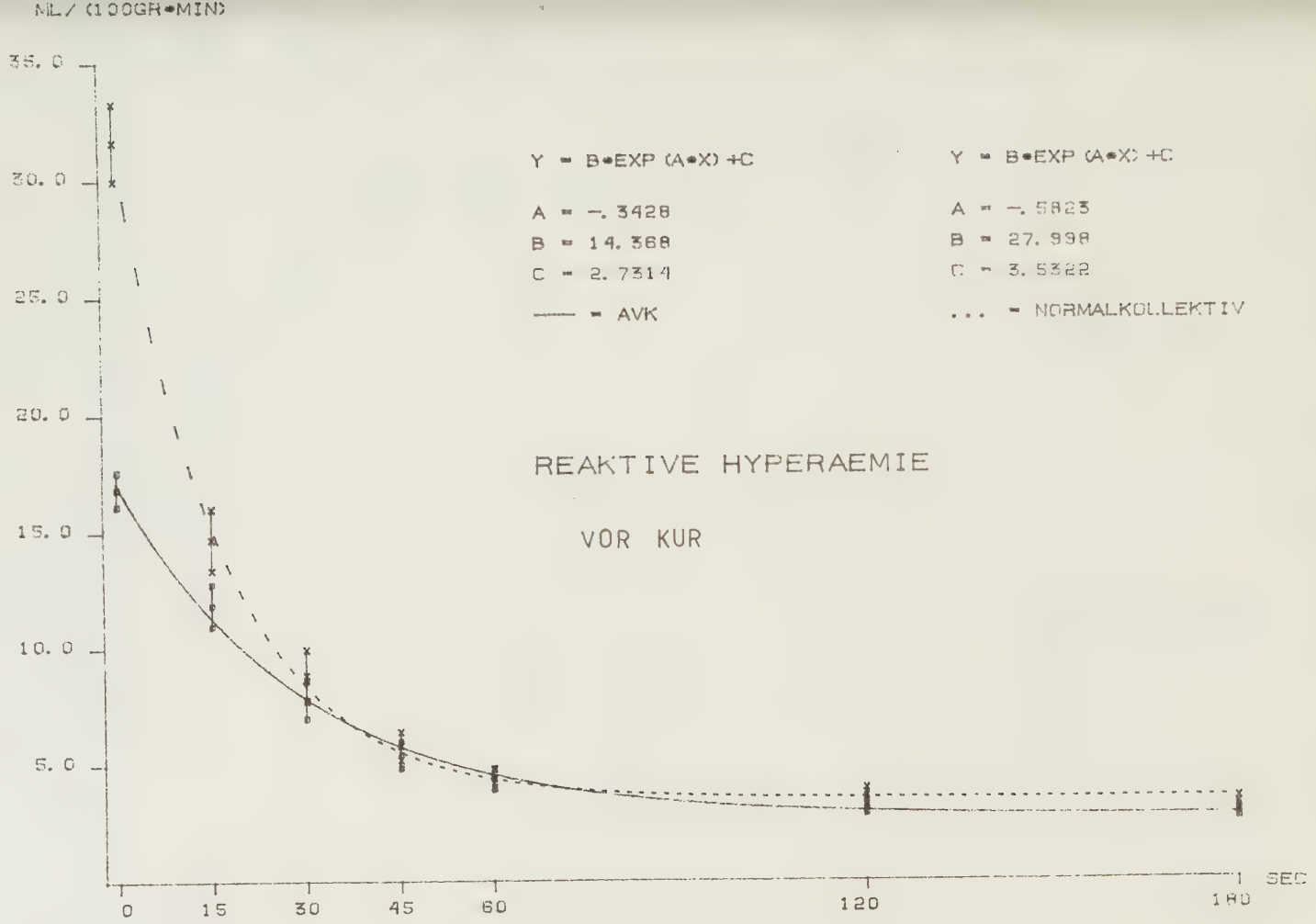
Abb. 25

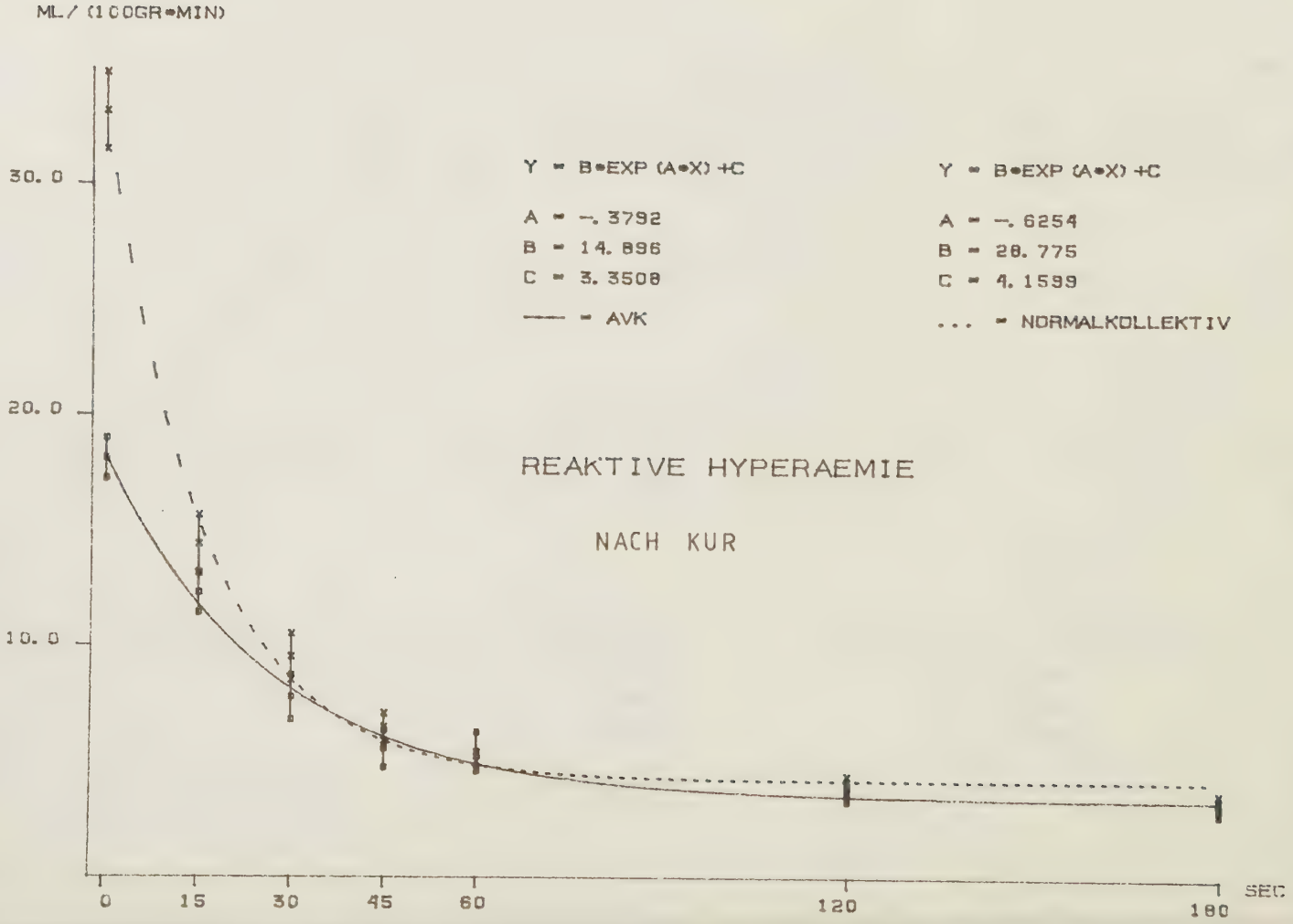
Einheit: ml/1oo ml Gewebe x min

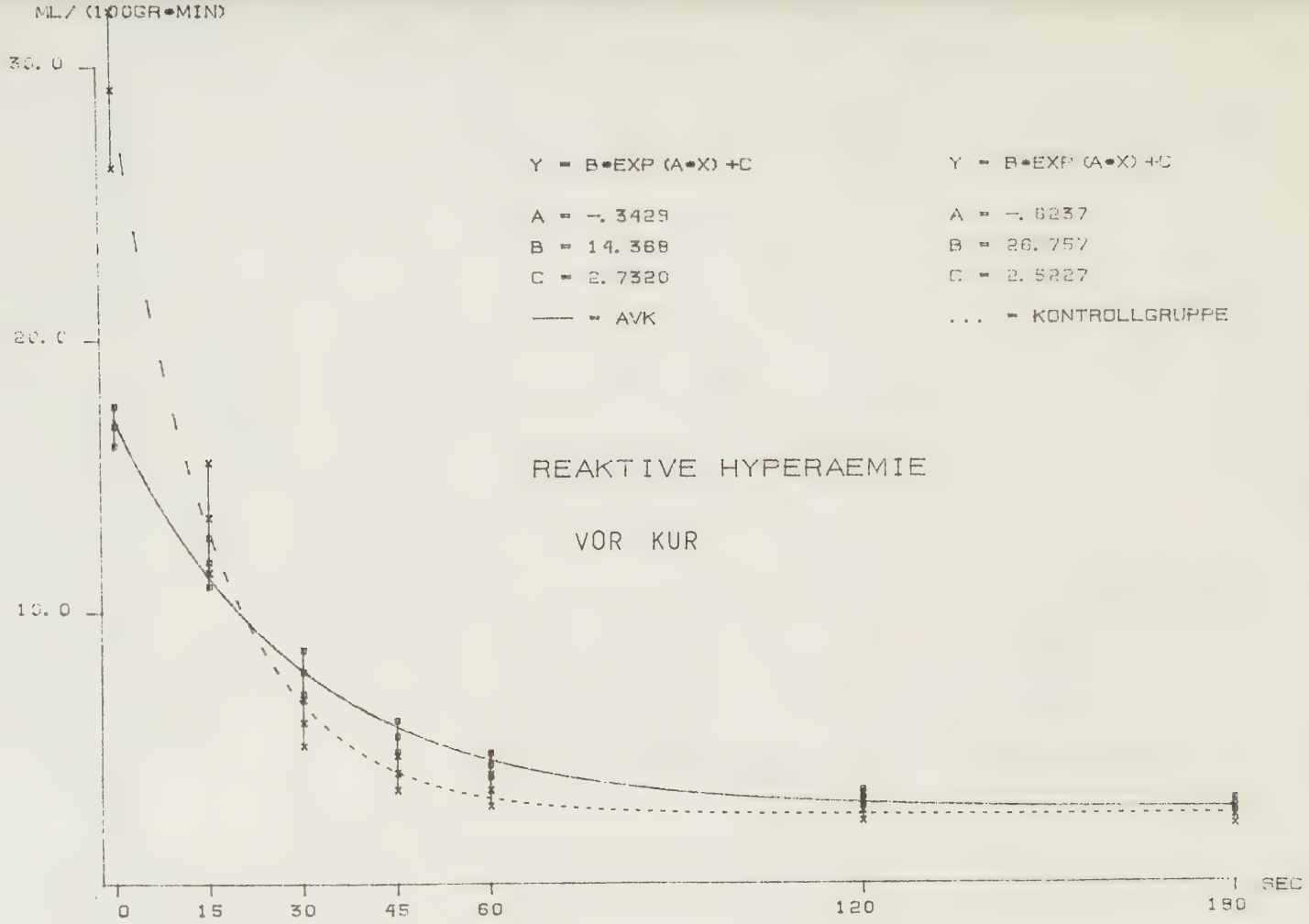
t (sec)	AVK					NK					KG				
Reak.Hyper.	vor Kur		nach Kur		p ≤	vor Kur		nach Kur		p ≤	vor Kur		nach Kur		p ≤
	$\bar{x}$	$S\bar{x}$	$\bar{x}$	$S\bar{x}$	o.o5	$\bar{x}$	$S\bar{x}$	$\bar{x}$	$S\bar{x}$	o.o5	$\bar{x}$	$S\bar{x}$	$\bar{x}$	$S\bar{x}$	o.o5
o	16.88	o.73	18.15	o.88	n.s.	31.61	1.65	33.16	1.68	n.s.	29.19	2.86	3o.o9	2.91	n.s.
15	11.88	o.9o	12.28	o.87	n.s.	14.7o	1.32	14.38	1.26	n.s.	13.51	2.o3	14.89	2.22	n.s.
3o	7.82	o.81	7.76	o.97	n.s.	8.87	1.1o	9.5o	1.oo	n.s.	5.95	o.85	5.85	o.62	n.s.
45	5.45	o.57	5.54	o.79	n.s.	5.82	o.6o	6.47	o.59	n.s.	4.1o	o.63	4.11	o.64	n.s.
6o	4.38	o.44	5.42	o.84	n.s.	4.41	o.4o	5.o2	o.37	n.s.	3.45	o.58	3.oo	o.54	n.s.
12o	3.14	o.29	3.71	o.4o	n.s.	3.58	o.37	4.o4	o.36	n.s.	2.66	o.37	2.59	o.52	n.s.
18o	2.84	o.24	3.14	o.32	n.s.	3.18	o.29	3.41	o.29	n.s.	2.44	o.31	2.27	o.49	n.s.
Def. Arbeit															
15	16.5o	1.58	18.oo	1.69	n.s.	25.3o	2.83	26.47	2.29	n.s.	23.32	2.48	25.24	2.88	n.s.
3o	14.66	1.42	15.9o	1.4o	n.s.	23.74	2.66	23.o5	2.52	n.s.	2o.25	2.38	21.34	2.7o	n.s.
45	12.49	o.92	13.17	1.44	n.s.	18.1o	2.49	19.9o	2.43	n.s.	16.29	2.71	16.65	2.68	n.s.
6o	1o.23	1.17	1o.63	1.2o	n.s.	12.87	1.44	14.62	1.98	n.s.	11.11	2.11	11.96	1.77	n.s.
12o	5.52	o.67	4.95	o.43	n.s.	6.45	o.92	6.93	o.81	n.s.	4.47	o.55	5.61	o.9o	n.s.
18o	4.2o	o.43	3.75	o.27	n.s.	5.o1	o.66	5.32	o.61	n.s.	3.34	o.35	3.62	o.32	n.s.
24o	3.45	o.27	3.19	o.27	n.s.	4.15	o.47	4.46	o.5o	n.s.	2.85	o.24	2.98	o.22	n.s.
3oo	3.12	o.25	3.o7	o.24	n.s.	3.49	o.36	3.9o	o.47	n.s.	2.57	o.2o	2.78	o.25	n.s.
Max. Arbeit															
15	19.4o	1.43	22.32	1.57	o.o3	31.35	2.o1	33.o6	1.92	n.s.	31.o3	2.75	33.66	2.45	n.s.
3o	17.67	1.32	19.94	1.31	n.s.	28.o4	1.85	31.o4	2.o3	n.s.	28.oo	2.34	31.39	2.72	n.s.
45	16.o1	1.56	17.o2	1.51	n.s.	23.8o	1.65	27.21	1.78	n.s.	23.o9	3.52	23.75	1.63	n.s.
6o	13.73	1.48	15.o2	1.69	n.s.	2o.4o	1.45	22.95	1.72	n.s.	18.15	2.6o	21.23	1.91	n.s.
12o	8.93	1.51	9.7o	1.33	n.s.	12.14	1.o1	12.98	1.o4	n.s.	9.85	1.13	11.75	1.45	n.s.
18o	7.14	1.34	7.76	1.23	n.s.	9.52	o.84	1o.32	o.95	n.s.	7.95	o.88	8.89	1.24	n.s.
24o	5.67	o.99	6.22	1.oo	n.s.	7.78	o.59	8.45	o.79	n.s.	5.96	o.66	7.15	1.o9	n.s.
3oo	5.o5	o.88	5.31	o.83	n.s.	6.56	o.53	7.o4	o.69	n.s.	5.74	o.58	6.o2	o.88	n.s.

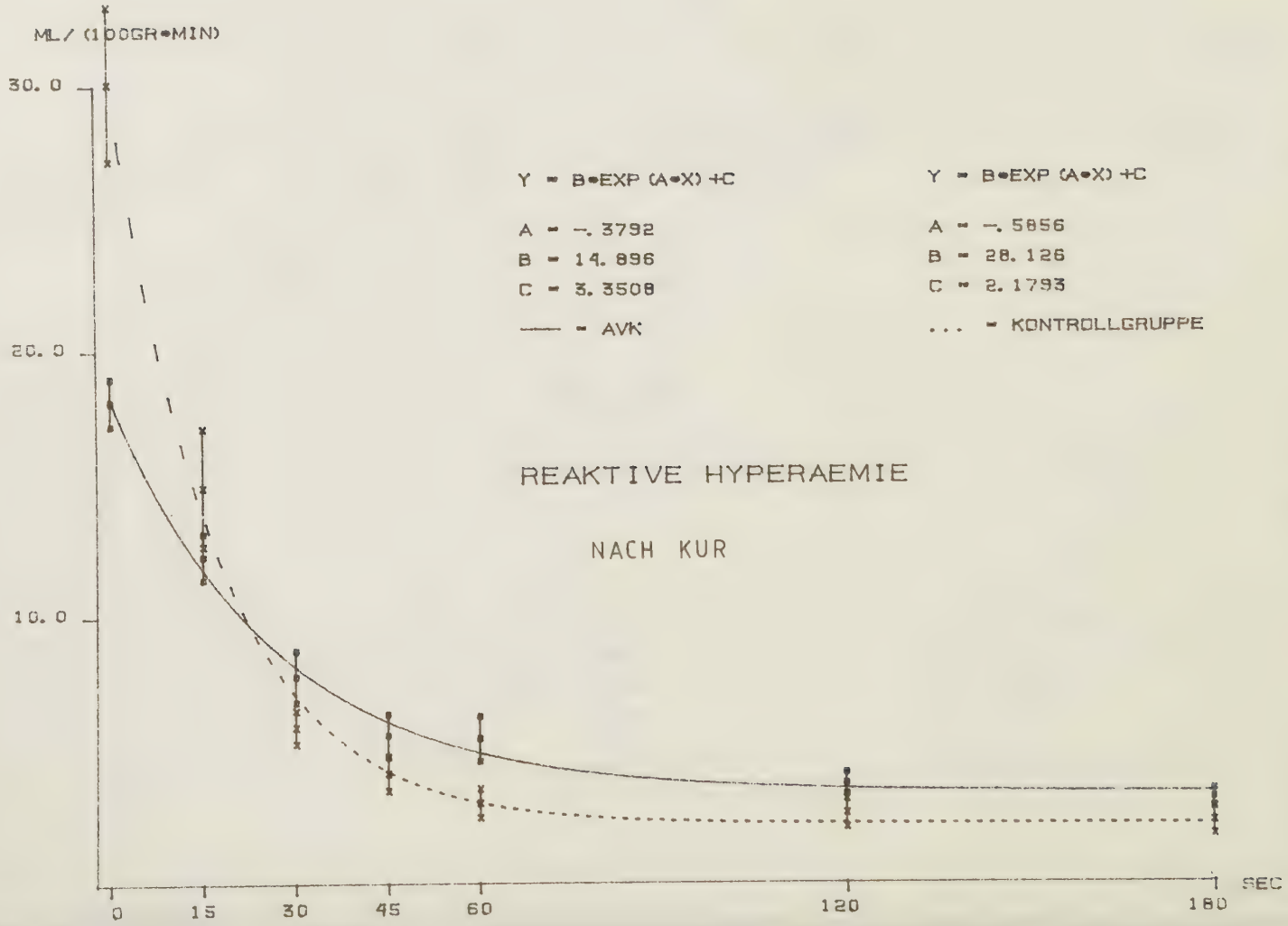
Abb. 26

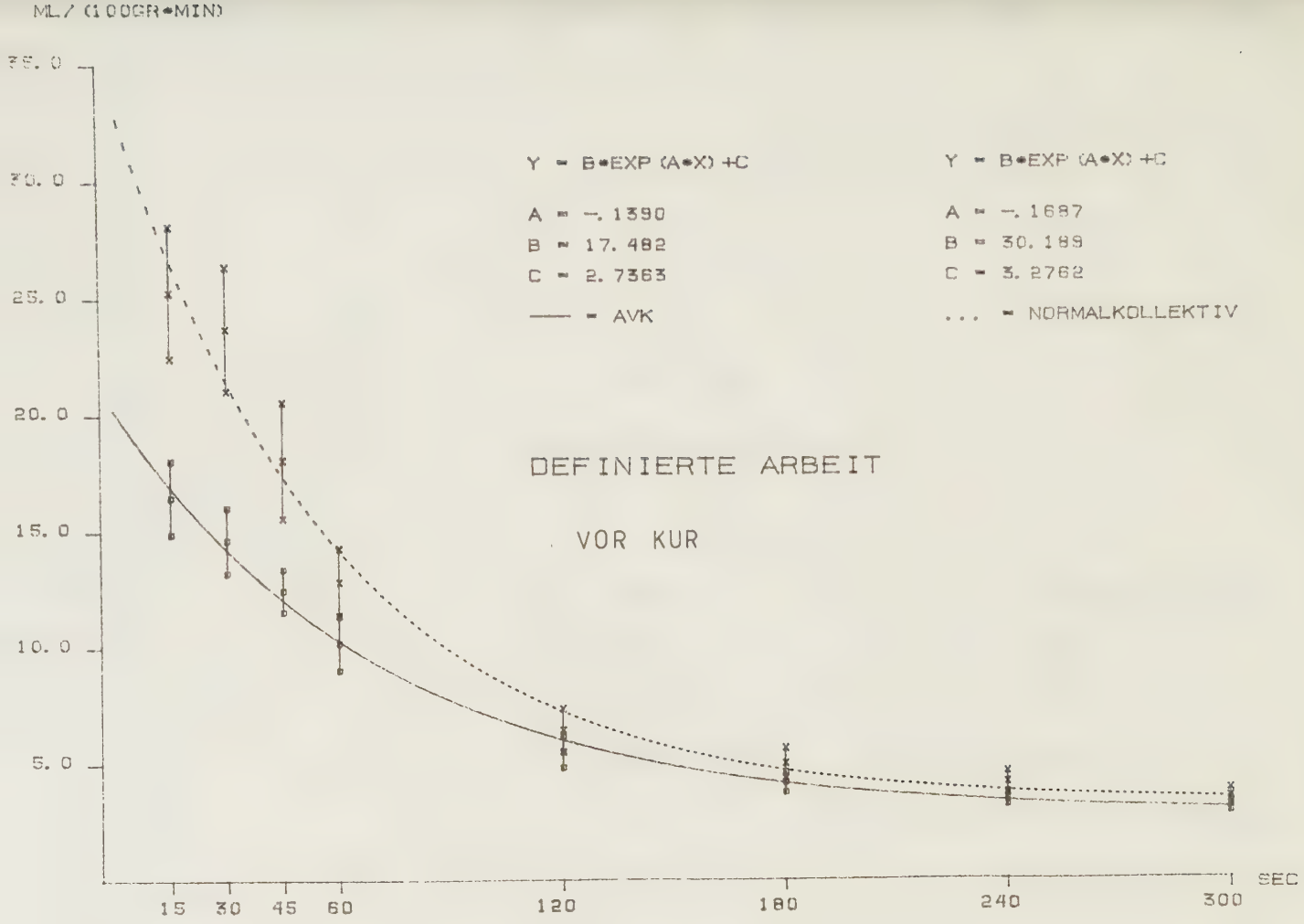
Vergleich der Gruppen	AVK	und KG	AVK	und NK
t (sec)	vor Kur	nach Kur	vor Kur	nach Kur
	p ≤ 0.05	p ≤ 0.05	p ≤ 0.05	p ≤ 0.05
Reaktive Hyperämie				
0	0.001	0.001	0.001	0.001
15	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
30	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
45	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
60	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
120	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
180	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
Definierte Arbeit				
15	0.02	0.03	0.02	0.01
30	0.05	n.s.	0.01	0.02
45	n.s.	n.s.	0.05	0.03
60	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
120	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
180	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
240	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
300	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
Maximale Arbeit				
15	0.001	0.001	0.001	0.001
30	0.001	0.001	0.001	0.001
45	0.05	0.01	0.002	0.001
60	n.s.	0.03	0.004	0.003
120	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
180	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
240	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
300	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.


ML/ (100GR*MIN)
35. 0
30. 0
25. 0
20. 0
15. 0
10. 0
5. 0
0
15
30
45
60
120
180
SEC
Y = B*EXP (A*X) +C
A = -. 3428
B = 14. 368
C = 2. 7314
—— = AVK
Y = B*EXP (A*X) +C
A = -. 5823
B = 27. 998
C = 3. 5322
... = NORMALKOLLEKTIV
REAKTIVE HYPERAEMIE
VOR KUR


ML/ (100GR*MIN)
30.0
20.0
10.0
Y = B*EXP (A*X) +C
A = -.3792
B = 14.896
C = 3.3508
—— = AVK
Y = B*EXP (A*X) +C
A = -.6254
B = 28.775
C = 4.1599
... = NORMALKOLLEKTIV
REAKTIVE HYPERAEMIE
NACH KUR
0
15
30
45
60
120
180
SEC


ML/ (100GR•MIN)
30.0
20.0
10.0
Y = B•EXP (A•X) +C
A = -.3429
B = 14.368
C = 2.7320
—— = AVK
Y = B•EXP (A•X) +C
A = -.6237
B = 26.757
C = 2.5227
... = KONTROLLGRUPPE
REAKTIVE HYPERAEMIE
VOR KUR
0
15
30
45
60
120
180
SEC


ML/ (100GR•MIN)
30.0
20.0
10.0
Y = B•EXP (A•X) +C
A = -.3792
B = 14.896
C = 3.3508
—— = AVK
Y = B•EXP (A•X) +C
A = -.5856
B = 28.126
C = 2.1793
... = KONTROLLGRUPPE
REAKTIVE HYPERAEMIE
NACH KUR
0
15
30
45
60
120
180
SEC


ML/ (100GR*MIN)
35.0
30.0
25.0
20.0
15.0
10.0
5.0
Y = B*EXP (A*X) +C
A = -.1390
B = 17.482
C = 2.7363
—— = AVK
Y = B*EXP (A*X) +C
A = -.1687
B = 30.189
C = 3.2762
... = NORMALKOLLEKTIV
DEFINIERTE ARBEIT
VOR KUR
15
30
45
60
120
180
240
300
SEC

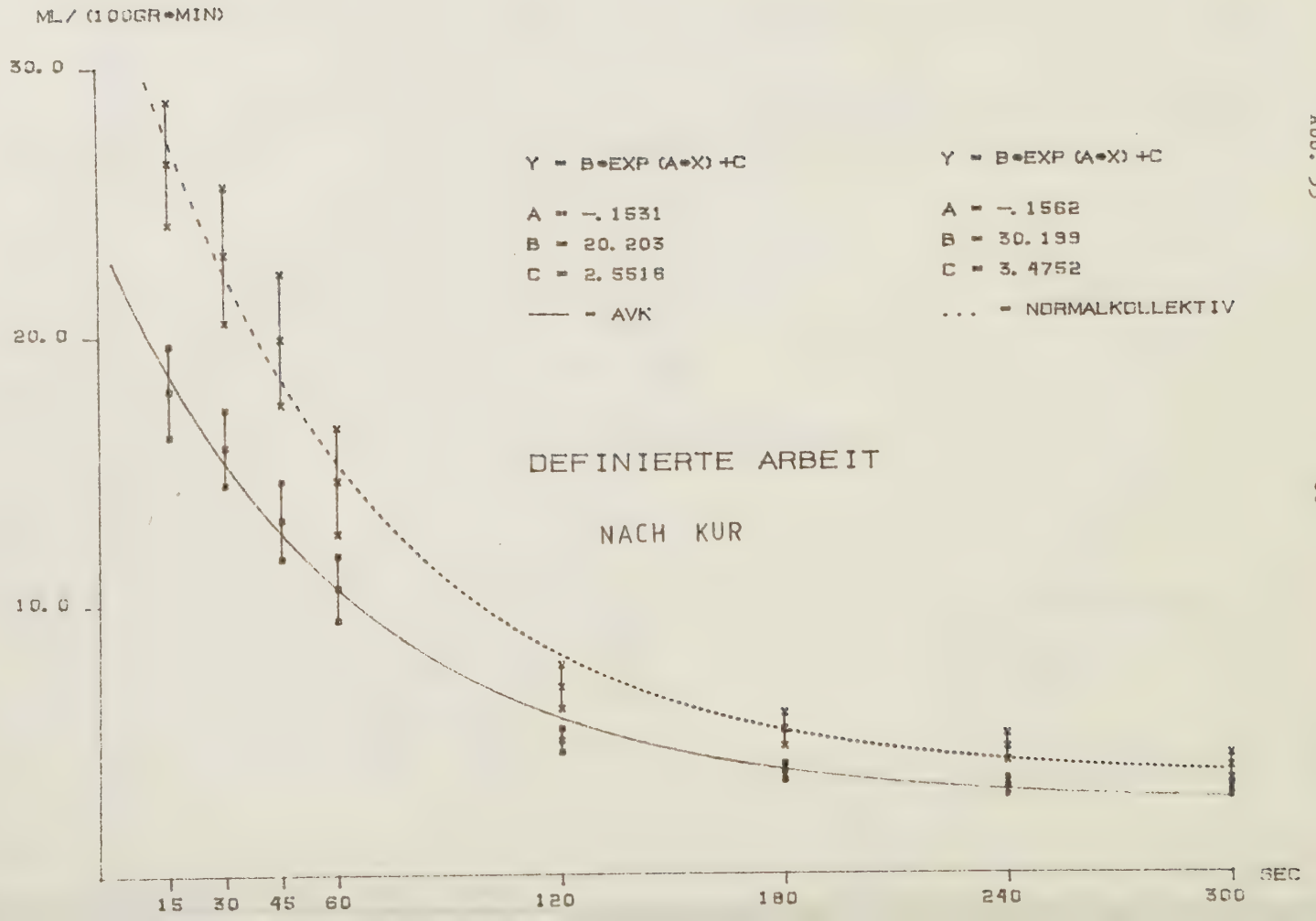
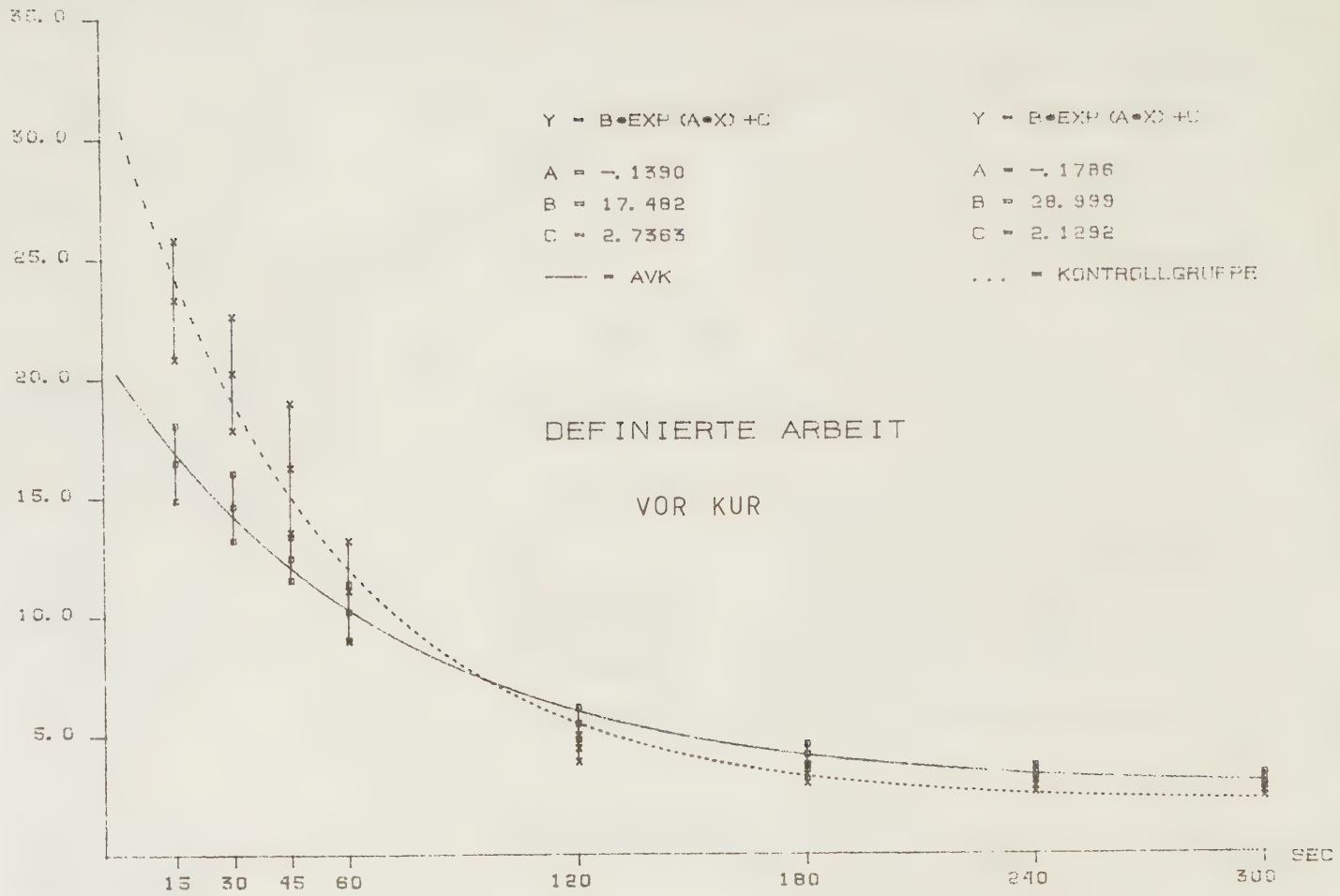
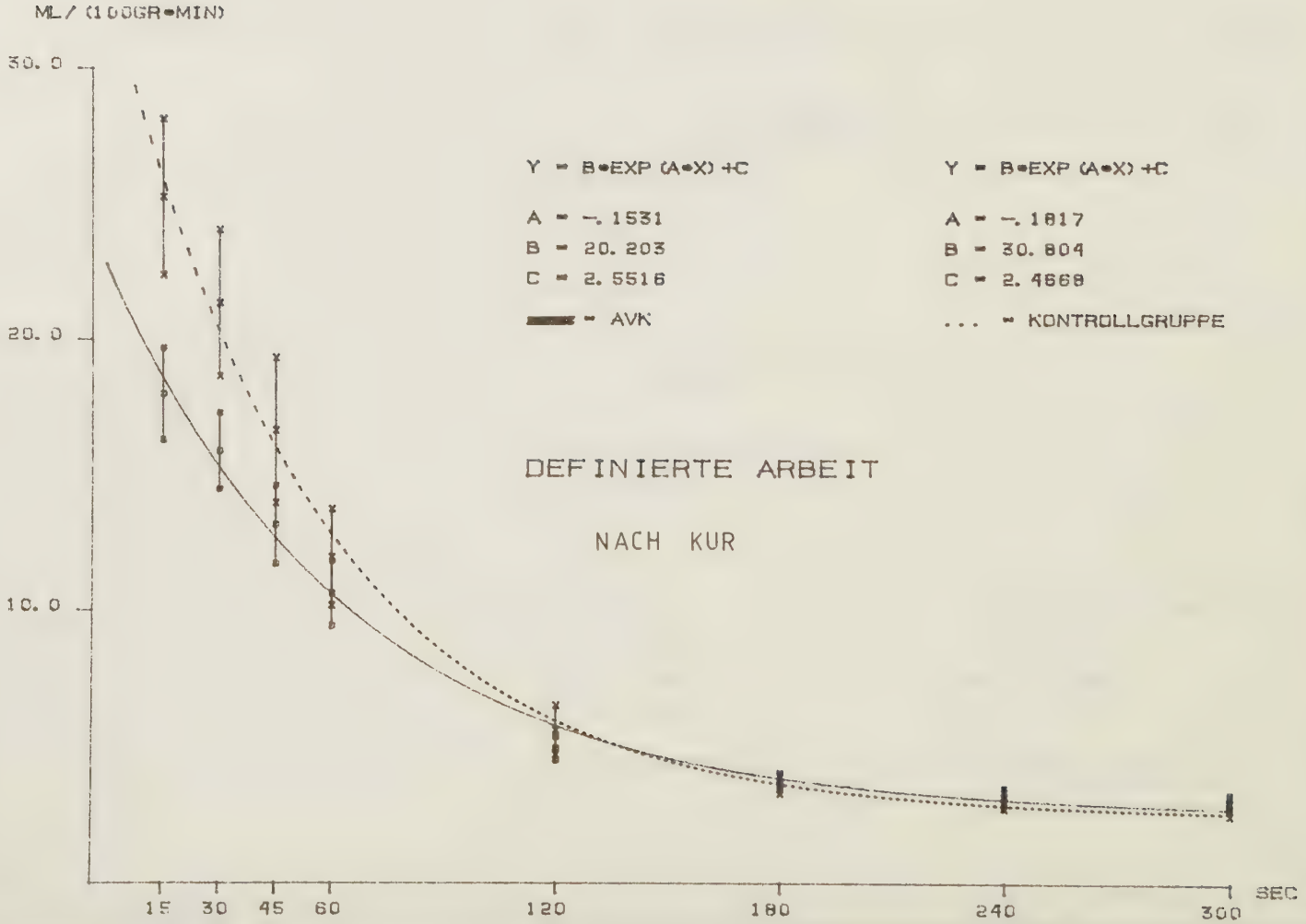
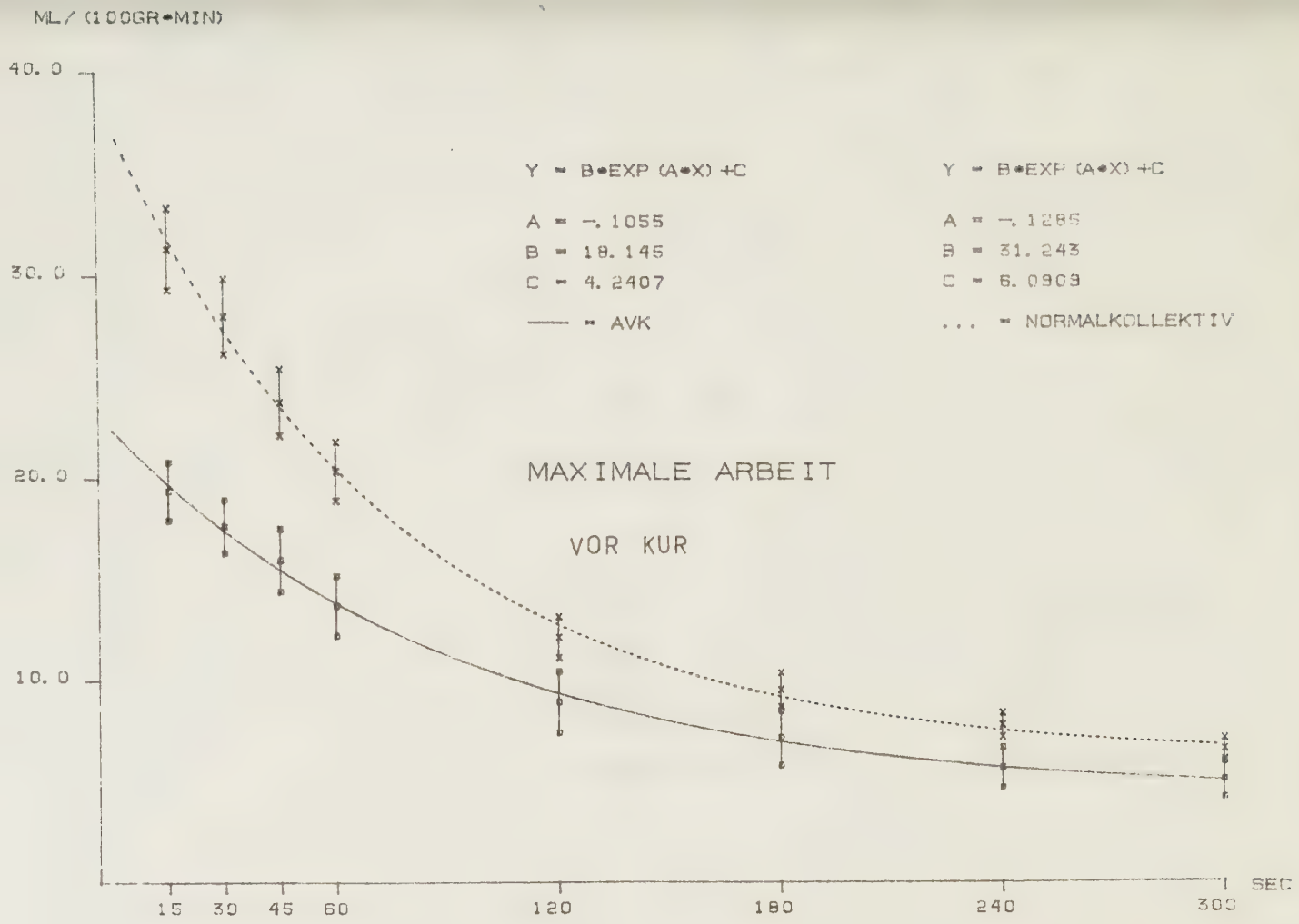
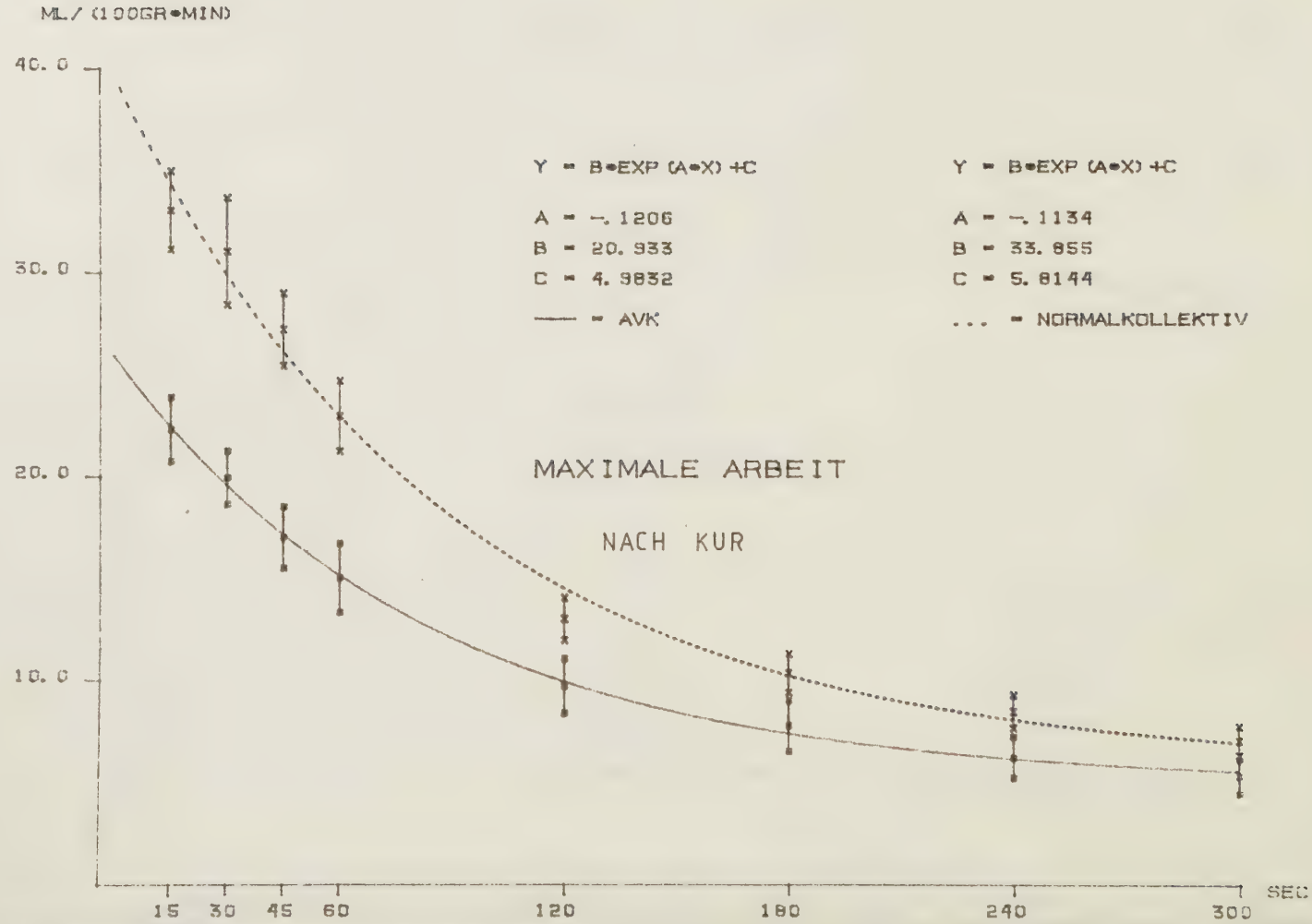

ML/ (100GR*MIN)
30.0
20.0
10.0
Y = B*EXP (A*X) +C
A = -.1531
B = 20.203
C = 2.5516
—— = AVK
Y = B*EXP (A*X) +C
A = -.1562
B = 30.199
C = 3.4752
... = NORMALKOLLEKTIV
DEFINIERTE ARBEIT
NACH KUR
15
30
45
60
120
180
240
300
SEC

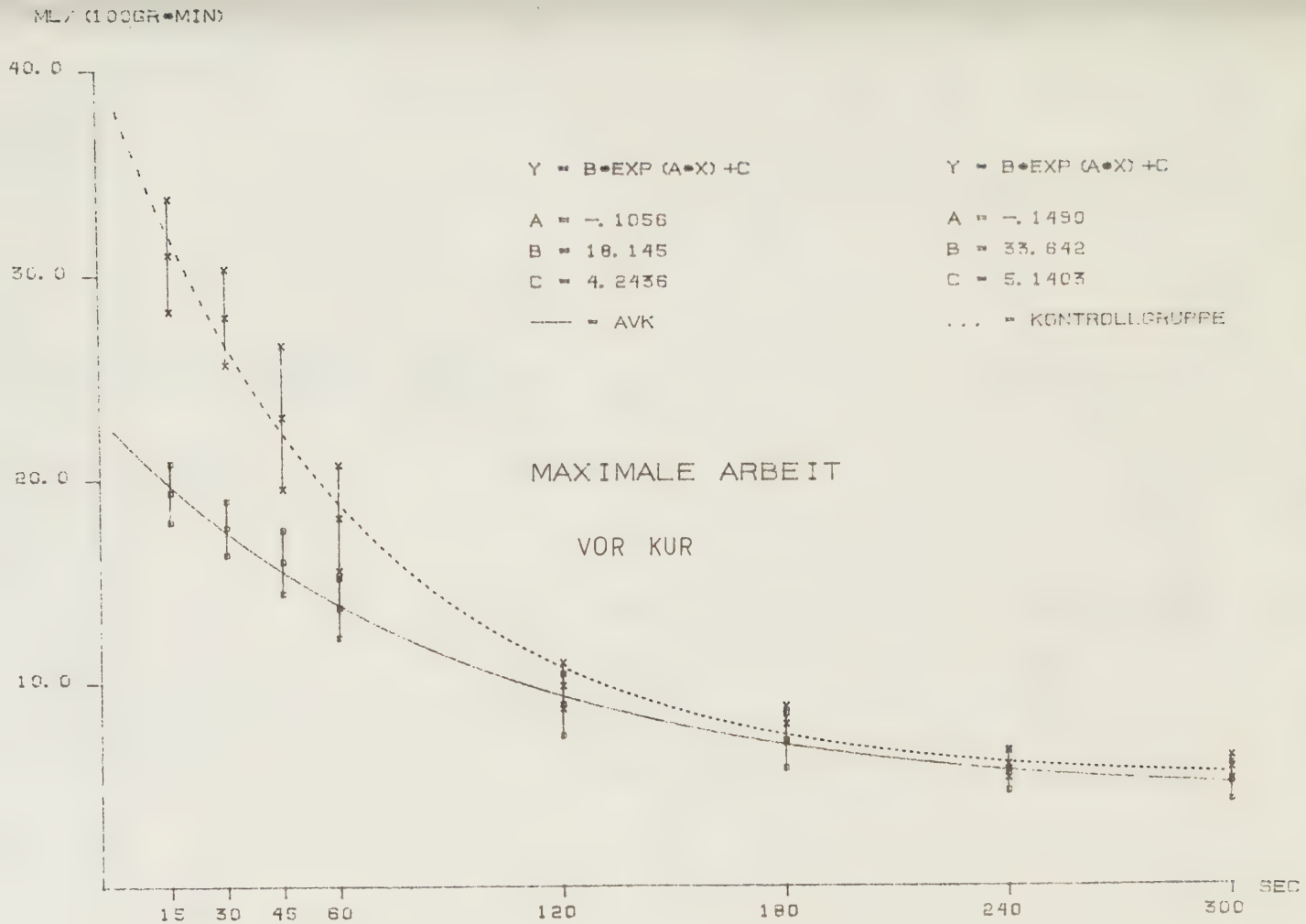
Abb. 33

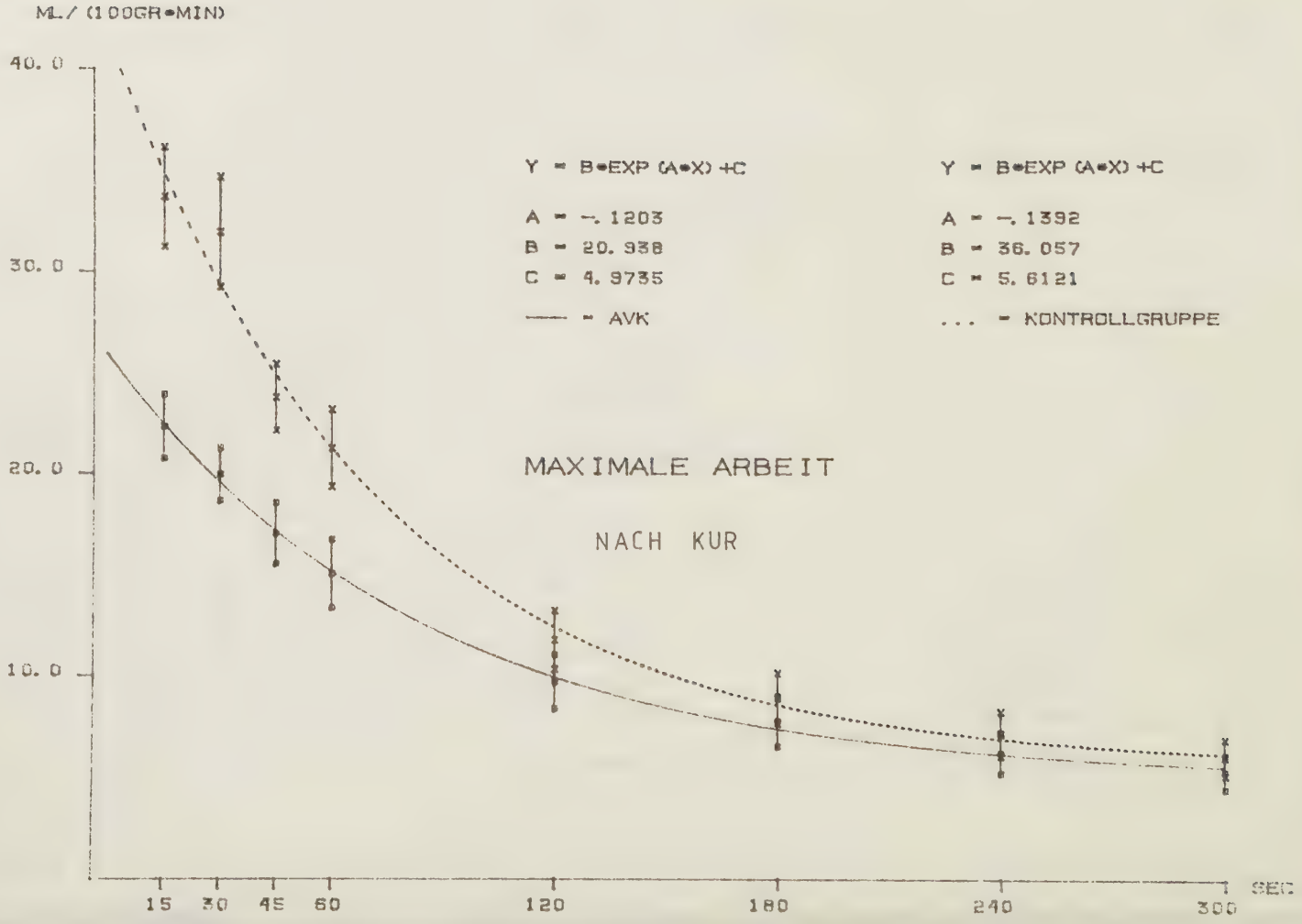

ML/(100GR•MIN)
35.0
30.0
25.0
20.0
15.0
10.0
5.0
Y = B•EXP(A•X)+C
A = -.1390
B = 17.482
C = 2.7363
—— = AVK
Y = B•EXP(A•X)+C
A = -.1786
B = 28.999
C = 2.1292
... = KONTROLLGRUPPE
DEFINIERTE ARBEIT
VOR KUR
15
30
45
60
120
180
240
300
SEC


ML/ (100GR•MIN)
30.0
20.0
10.0
Y = B•EXP (A•X) +C
A = -.1531
B = 20.203
C = 2.5516
= AVK
Y = B•EXP (A•X) +C
A = -.1817
B = 30.804
C = 2.4668
... = KONTROLLGRUPPE
DEFINIERTE ARBEIT
NACH KUR
15
30
45
60
120
180
240
300
SEC


ML/ (100GR*MIN)
40.0
30.0
20.0
10.0
Y = B*EXP (A*X) +C
A = -.1055
B = 18.145
C = 4.2407
—— = AVK
Y = B*EXP (A*X) +C
A = -.1285
B = 31.243
C = 6.0909
... = NORMALKOLLEKTIV
MAXIMALE ARBEIT
VOR KUR
15
30
45
60
120
180
240
300
SEC


ML/(100GR•MIN)
40.0
30.0
20.0
10.0
Y = B•EXP(A•X)+C
A = -.1206
B = 20.933
C = 4.9832
—— = AVK
Y = B•EXP(A•X)+C
A = -.1134
B = 33.855
C = 5.8144
... = NORMALKOLLEKTIV
MAXIMALE ARBEIT
NACH KUR
15
30
45
60
120
180
240
300
SEC


ML/ (100GR*MIN)
40.0
30.0
20.0
10.0
Y = B*EXP (A*X) +C
A = -.1056
B = 18.145
C = 4.2436
—— = AVK
Y = B*EXP (A*X) +C
A = -.1490
B = 33.642
C = 5.1403
... = KONTROLLGRUPPE
MAXIMALE ARBEIT
VOR KUR
15
30
45
60
120
180
240
300
SEC


ML/(100GR•MIN)
40.0
30.0
20.0
10.0
Y = B•EXP(A•X)+C
A = -.1203
B = 20.938
C = 4.9735
—— = AVK
Y = B•EXP(A•X)+C
A = -.1392
B = 36.057
C = 5.6121
... = KONTROLLGRUPPE
MAXIMALE ARBEIT
NACH KUR
15
30
45
60
120
180
240
300
SEC

Arbeitszeiten (in Sekunden)

Kranke (AVK)	vor Kur (I. Messung)	nach Kur (II. Messung)
1.	76	65
2.	119	298
3.	9o	68
4.	3oo	3oo
5.	75	59
6.	55	64
7.	37	69
8.	1o2	125
9.	8o	143
1o.	131	15o
11.	94	119
12.	51	71
Mittelwerte:	1oo.83	127.58

Gesunde (NK)		
1.	81	96
2.	3oo	3oo
3.	3oo	3oo
4.	3oo	3oo
5.	1o7	3oo
6.	187	163
7.	55	1o1
8.	1o4	121
9.	3oo	3oo
1o.	65	67
11.	65	57
12.	78	72
13.	3oo	3oo
14.	3oo	3oo
Mittelwerte:	181.57	198.35

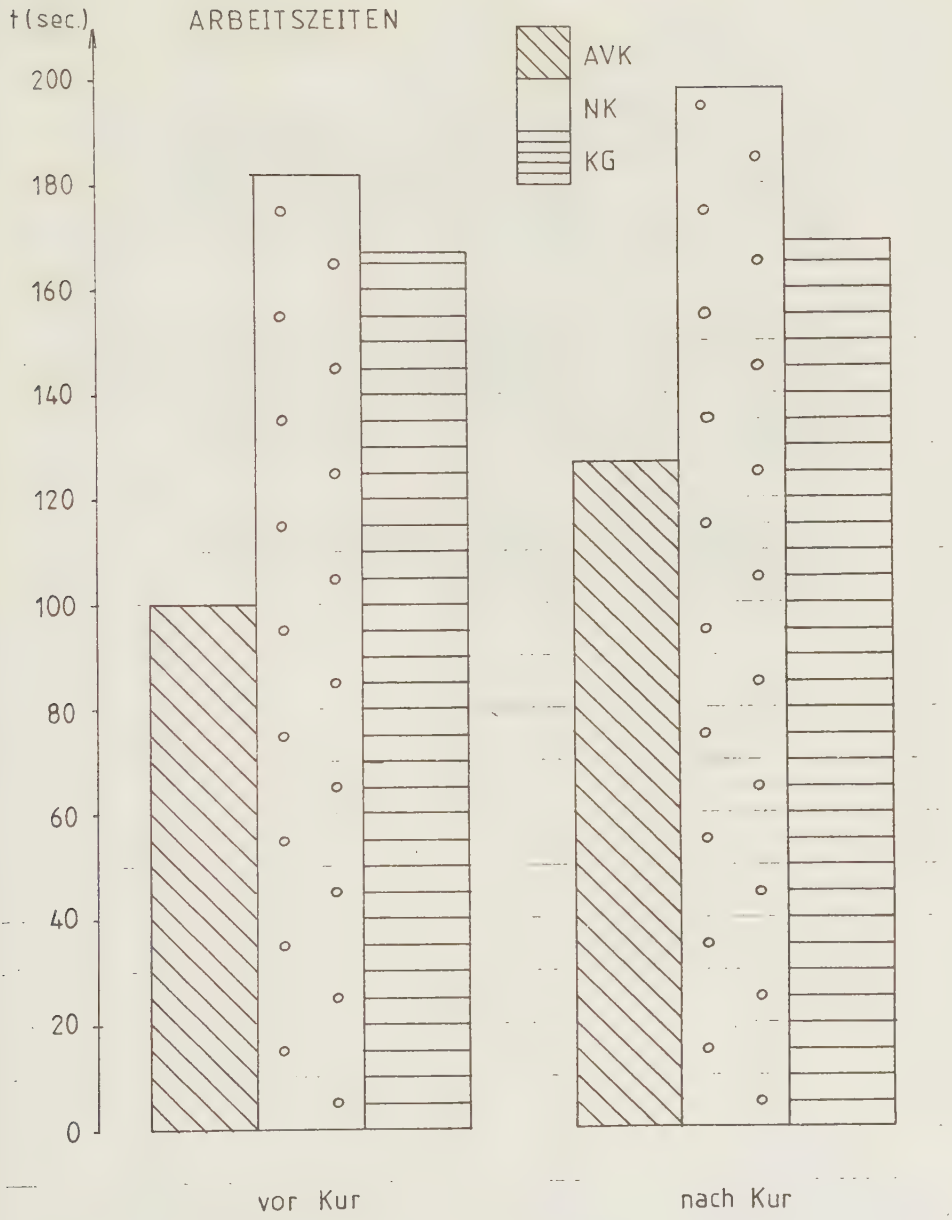
Arbeitszeiten (in Sekunden)

Kontrollgruppe (KG)	vor Kur (I. Messung)	nach Kur (II. Messung)
1.	72	85
2.	9o	77
3.	57	6o
4.	3oo	36o
5.	18o	125
6.	3oo	3oo
Mittelwerte:	166.5	167.8

T-Test:

Gruppe:	vor Kur $\bar{x}$	$S\bar{x}$	nach Kur $\bar{x}$	$S\bar{x}$	Signifikanz $p \leq o.o5$
AVK	1oo.83	19.74	127.58	24.99	n.s.
NK	181.57	29.63	198.35	28.97	n.s.
KG	166.5o	45.68	167.8o	52.33	n.s.

Die bestmöglichen Signifikanzschranken ergaben sich bei der AVK-Gruppe auf dem 1o.8 % Level und bei dem NK auf dem 25 % Level.


t(sec.)
ARBEITSZEITEN
AVK
NK
KG
200
180
160
140
120
100
80
60
40
20
0
vor Kur
nach Kur

IX. DANKSAGUNG

An dieser Stelle möchte ich Herrn Prof. Dr. med. H. Drexel, Vorstand des Institutes für Medizinische Balneologie und Klimatologie der Universität München, und Herrn Prof. Dr. med. W. Schnizer für die Überlassung des Themas und für die liebenswürdige Anleitung bei der Anfertigung der Arbeit meinen besonderen Dank aussprechen.

Frau Hoenig, der Besitzerin der drei Kurkliniken, Herrn Chefarzt Dr. Th. Kleinschmidt, dem Abteilungschefarzt, Herrn Dr. H. F. Paulsen, sowie allen Ärzten und Angestellten gilt mein Dank für die sehr nette Aufnahme und außerordentliche Hilfsbereitschaft und Kooperation während der Zeit der Messungen in Bad Tölz.

Ganz herzlich danke ich Herrn H. Hacker, Dipl. Mathematiker, für die zahlreichen Hinweise, Anregungen und Ausführungen bei der statistischen Ausarbeitung der Meßergebnisse.

VIII. LEBENSLAUF

Geb.: 26. Juni 1949	in Maulbronn
1956 - 1960	Besuch der Volksschule in Knittlingen
1960 - 1966	Besuch des Melanchthon-Gymnasiums in Bretten
1966 - 1967	Empfangsvolontärin im Hotel Decker in Niefern
1967 - 1968	Besuch der L'école hôtelière de langues in Leysin/Franz. Schweiz
1968 - 1969	Besuch des West London College in London
1969 - 1970	Empfangssekretärin im Hotel Herzog Christoph in Stuttgart
1970 - 1972	Empfangssekretärin im Hotel Europäischer Hof in München
1972 - 1974	Besuch des Münchenkollegs in München
Juni 1974	Abitur
1975 - 1981	Studium der Medizin an der Ludwig-Maximilians-Universität in München
Mai 1981	Staatsexamen in Medizin